

Ville Kanervo

Korjausrakentamisen tietomallinnuksen esitystapaohje

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

17.2.2020

Tekijä Otsikko	Ville Kanervo Korjausrakentamisen tietomallinnuksen esitystapaohje
Sivumäärä Aika	40 sivua 17.2.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Lehtori Jouni Ruotsalainen Lehtori Mervi Dragon Varatoimitusjohtaja Joni Sundström
<p>Rakennusalalla tietomallintamisen hyödyntäminen korjausrakentamisessa on lisääntynyt, ja Senaatti-kiinteistöt on vaatinut mallintamista heidän kohteissaan jo yli 10 vuotta. Vaikka mallinnus yleistyykin suunnittelussa, suurin osa työmaille toimitettavista suunnitelmista toteutetaan 2D-muodossa.</p> <p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli luoda Insinööritoimisto Konstru Oy:lle esitystapaohje Autodesk Revit -ohjelmalle. Esitystapaohjeen on tarkoitus toimia yritykselle ohjeena eri rakenteiden ja materiaalien esittämiseen Revit -ohjelmalla luoduissa piirustuksissa. Konstru Oy toteuttaa vielä suunnittelua pääsääntöisesti AutoCAD -ohjelmaa käyttäen, mutta mallintamisen tarve suuremmissa kohteissa sai yritykselle tarpeen luoda esitystapaohje.</p> <p>Raportissa selvitetään korjausrakentamisen tilannetta Suomessa, tietomallintamisen käyttöä korjaamisessa, sekä Revit-ohjelman eri toimintoja mallinnettavien objektien esittämiseen. Raportissa esitetään myös esimerkkejä, mihin työvaiheisiin ja tehtäviin eri toiminnot sopeutuvat. Insinööriyön lopputuloksena saatiin aikaiseksi esitystapaohje, jossa käydään läpi yleisimmät työkalut, jota voidaan käyttää piirustusten luontiin Revit-ohjelmalla.</p>	
Avainsanat	korjausrakentaminen, tietomallintaminen, Autodesk Revit

Author Title	Ville Kanervo Presentation guide for information model in renovation
Number of Pages Date	40 pages 17 February 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Structural Engineering
Instructors	Jouni Ruotsalainen, Senior Lecturer Mervi Dragon, Senior Lecturer Joni Sundström, Executive vice president
<p>The use of BIM (Building Information Modeling) in construction has been increasing in renovation projects, and the Senate Properties has been demanding the use of information modeling in their projects for more than 10 years. Even though modelling is becoming more frequent in designing, the majority of delivered construction plans are still produced in 2D-format.</p> <p>The goal of this thesis was to create a guide for presenting modelled structures in 2D-drafts for the engineering company Konstru. The guide is intended to show how different materials and structures can be presented in drafts made by using the Revit software. Konstru does the majority of its designing using AutoCAD, but the need for modeling in more extensive projects lead the company to commission the guide project.</p> <p>This thesis researches the state of renovation building in Finland, the usage of information modeling in renovation and different tools in Revit, which can be used for presenting modelled structures in renovation projects. The report also gives some examples where different tools in Revit excel. The product of this thesis was a guide, which presents and explains the primary tools that are used to produce drafts using Revit</p>	
Keywords	Refurbishment, Building Information Modeling, Autodesk Revit

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoitteet ja rajaukset	1
2	Korjausrakentaminen	2
2.1	Korjausrakentamisen määrän kasvu	2
2.1.1	Rakennusten vanheneminen	3
2.1.2	Rakennusten käyttötarpeiden muuttuminen	4
2.2	Korjausrakentaminen tulevaisuudessa	4
3	Tietomallintaminen	6
3.1	Mitä on tietomallintaminen	6
3.1.1	Aikainen mallintaminen	6
3.1.2	Parametrinen mallinnus	8
3.1.3	Tietomallinnus projektissa	9
3.2	Yleiset tietomallivaatimukset 2012	10
4	Tietomallinnus korjausrakentamisessa	13
4.1	Korjausrakentamisen vaiheet	13
4.2	Keilaaminen	14
4.3	Inventointimalli	15
4.4	Mallintamisen haasteet	15
4.5	Mallintamisen hyödyt	16
5	Autodesk Revit	18
6	3D-objektien esittäminen	20
6.1	Näkymien luonti	20
6.1.1	Näkymän alueen rajaaminen	21
6.2	Phasing	23
6.3	Rakenteiden ja merkintöjen esittäminen	24
6.3.1	Object style	24

6.3.2	Materiaalit	25
6.3.3	Seinät ja laatat	27
6.3.4	Palkit ja pilarit	28
6.3.5	Visibility/Graphics Overrides	28
6.4	View Template	29
7	2D-objektien esittäminen	30
7.1	Viivat ja täyttöalueet	30
7.2	Detail Components	31
7.2.1	Parametrisia komponentteja	31
7.2.2	Sisäinen detaljikomponentti	32
7.3	Tag-toiminto	33
7.4	Tulosteiden luonti	35
8	Objekteja ja komponentteja muualta	36
9	Tuloksia	37
10	Kehitysmahdollisuuksia	38
11	Yhteenveto	39
	Lähteet	41

Lyhenteet ja käsitteet

Analyttinen malli	Malli, jota käytetään analyysien tekemiseen, esim. teräsristikon mitoittamiseen
BIM	Building Information Modeling, eli Rakennus tietomallinnus englanniksi.
BKT	Bruttokansantuote. Kaikki maassa yhden vuoden aikana tuotettujen palveluiden ja tavaroiden arvo, jota käytetään yleensä ilmaisemaan maan vaurautta ja hyvinvointia.
Boolean operaattorit	IF, OR, AND ja NOT lauseita joilla voidaan yhdistää erilaisia ehtoja ja sääntöjä.
B-rep	Boundary representation, eli Rajaesitys englanniksi.
CSG	Constructive Solid Geometry, eli Rakentuva kiinteä geometria englanniksi.
DWG	AutoCAD -ohjelman alkuperäinen tiedostomuoto
DXF	Autodeskin kehittämä CAD -ohjelmien välillä toimiva tiedonsiirtomuoto
IFC	Information Foundation Classes on standardi oliopohjaisen tiedon siirtoon tietokonejärjestelmästä toiseen.
Inventointimalli	Lähtötilanteesta tehty tietomalli.
Laserkeilaaminen	Laseretäisyysmittarilla tehtävä mittaus, jossa mitta kiertää alueen, ja mittaa pinnoilta pisteiden etäisyyksiä.
Objekti	Yksittäinen osa tietomallissa, esim. palkki, putki tai ikkuna, johon voidaan liittää tietoa.

Parametri	Tietoa, jolle voidaan antaa eri arvoja, parametreja voidaan yhdistää eri asioihin, esim. objekteihin ja yhtälöihin.
Pistepilvi	Laserkeilauksessa mitatuista pisteistä syntyvä pilvi, jota voidaan tarkastella eri ohjelmilla.
Törmäystarkastelu	Eri objektien geometrisen yhteensopivuuden tarkastaminen.

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Rakentamisessa tietomallinnus on jo tuttu ilmiö. Sitä hyödynnetään rakennuksen suunnittelussa, vaikkei tilaaja sitä vaatisikaan, sillä suunnittelijalle siitä saatavat hyödyt ovat useasti paljon suuremmat, kuin sen tekemiseen tarvittava aika. [1] Tietomallinnuksen hyödyntäminen rakentamisessa on kehittynyt nopeaan tahtiin. Suomessa tietomallinnuksen yleistymistä on auttanut muun muassa Tekes-rahoitteinen Pro IT -ohjelma sekä SHOK-tutkimusohjelma PRE (Built Environment Process RE-engineering). Merkittävin kehitysaskel on kumminkin vuonna 2012 julkaistu Senaatti-kiinteistöjen teettämä Yleiset tietomallivaatimukset (YTV2012), jossa ohjeistetaan rakentamisen eri osapuolien toimintaa tietomallintamisessa. [1.]

Uudisrakentamisessa tietomallinnuksen käyttö on yleisempää kuin korjausrakentamisessa, sillä korjausrakentamiseen tehtävä malli on alussa epävarma, ja vaatii suuren määrän työtä. Tästä syystä pienemmät korjausrakentamisprojektit suunnitellaankin vielä perinteisillä viivapiirto-ohjelmilla. Yleisesti tietomalleja tehdään suurempiin korjausprojekteihin joissa uusitaan suurempia kokonaisuuksia, esim. välipohjat, tai tehdään laajennuksia. Yhä useampi projekti vaatiikin suunnittelijalta tietomallinnusta, ja Senaatin-kiinteistöt ovat vaatineet tietomallinnusta yli miljoonan euron projekteissaan vuodesta 2007 lähtien. [23.] Näistä syistä Insinööritoimisto Konstru Oy on teettänyt tämän lopputyön. Konstru tekee suurimmaksi osaksi korjausrakennesuunnittelua, ja suunnittelu toteutetaan AutoCAD-ohjelmalla, joten yhtiöllä ei ole tällä hetkellä sisäistä ohjetta tietomallin sisällön esittämistapaan.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

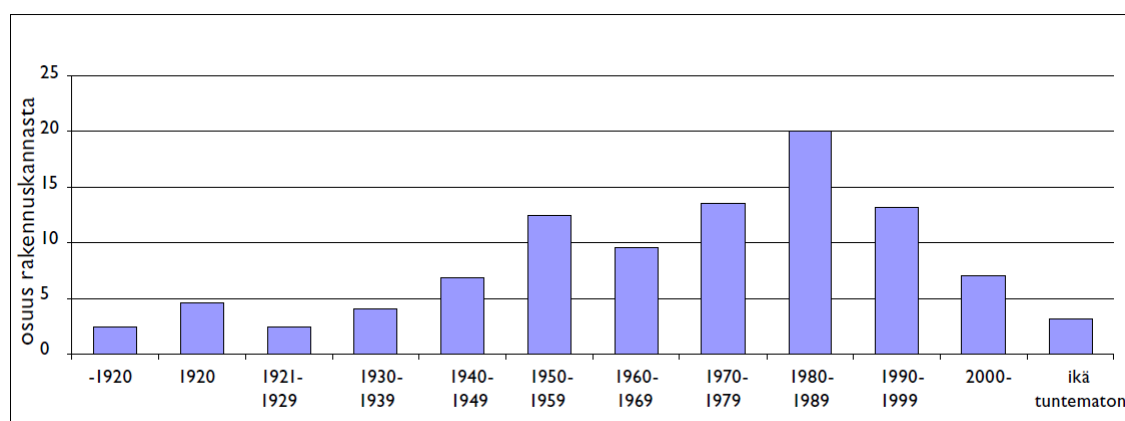
Tämän lopputyön tavoitteena on luoda esitystapaohje Konstru Oy:lle. Esitystapaohjeen olisi tarkoitus opastaa rakennuksen eri rakenteiden esittämistä sekä uuden ja vanhan erottelua mallista tuotettavissa kuvissa, sekä luoda pohja piirustusten yhtenäiseen luontiin. Työ tehdään AutoDesk Revit -ohjelmalle, joten muiden ohjelmien mahdollisuuksia tai vaihtoehtoisia toteutustapoja ei tarkastella. Työssä ei myöskään oteta kantaa uudisrakentamisen tai infrastruktuurin mallinnukseen.

2 Korjausrakentaminen

Suomessa on noin 1,5 miljoonaa rakennusta, joista noin 85 % on asuinrakennuksia. Vuonna 2015 Suomen rakennuskannan arvoksi on laskettu noin 460 miljardia euroa, joka on noin puolet Suomen kansantalouden reaaliarallisuudesta. Rakennuskannan kunnossapito on siis tärkeä osa rakentamista. [3, s. 9.] Korjausrakentamisen arvo vuonna 2015 oli hieman yli 12 miljardia euroa, joista noin seitsemän miljardia euroa kuului asuntokorjauksiin. Tulevaisuudessa odotetaan korjausrakentamisen kasvavan 1-2 prosenttia vuosittain, kun loputkin 1970-luvulla rakennetuista rakennuksista vaativat peruskorjausta. [3, s. 13–14.]

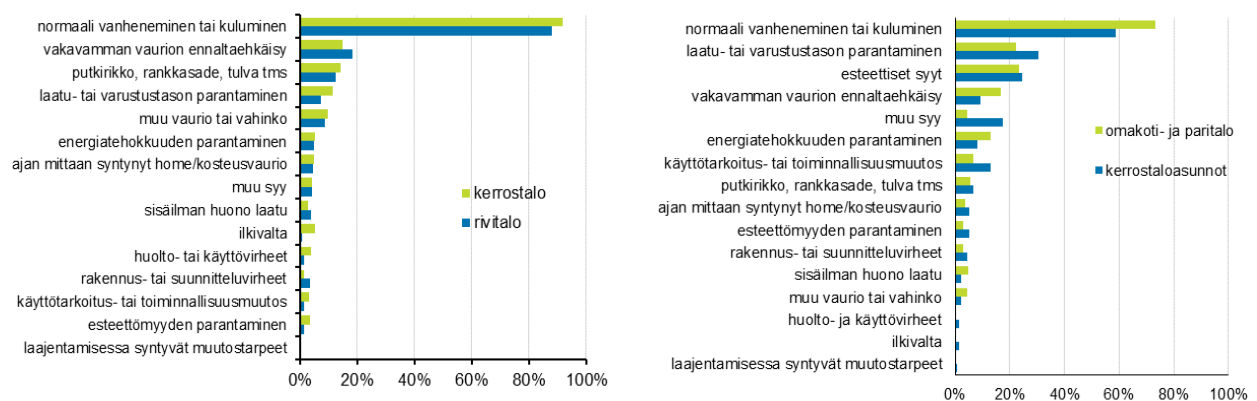
2.1 Korjausrakentamisen määrän kasvu

Suomen rakennuskanta on muihin maihin verrattuna nuori. Suomen asuin- ja palvelurakennuskannasta noin 75 % on rakennettu 1960-luvun jälkeen, ja yli 40 % 1980-luvun jälkeen. [4, s. 9.] Suomen myöhäinen kaupungistuminen näkyy sen korjausrakentamisen määrässä muihin pohjoismaihin verrattuna. Suomessa korjausrakentamisen osuus talonrakentamisesta on noin 50 %, kun taas Ruotsissa se on noin 60 % ja Tanskassa noin 70 %. Suomessa korjausrakentamisen määrä on kuminkin noussut voimakkaasti muihin Eurooppaan verrattuna. Vuonna 2012 Euroopassa käytettiin keskimäärin 4 % bkt:stä korjausrakentamiseen, kun taas VTT:n tilastojen mukaan Suomi käytti lähes 6 % bkt:stä. [5.]



Kuva 1. Suomen rakennuskanta valmistusvuoden mukaan [4, s. 9.].

Rakennusten korjaamiseen johtaa moni eri syy. Niitä ovat mm. rakennusten ja niiden laitejärjestelmien tekninen vanheneminen ja kuluminen, laadullinen ja palvelukyvyllinen vanheneminen, tilatarpeiden ja rakennusten käyttötarkoituksen muutos, virheelliset korjaukset, energiatehokkuuden parantaminen sekä esteettömyyden kehittäminen. Suurin syy kuminkin on rakennusten vanheneminen. [4, s. 10.] Vaikka rakennusten vanheneminen on yhä suuri tekijä rakennusten korjaamisessa, on kumminkin VTT:n tutkimuksessa todettu rakennusten toiminnallisten tarpeiden kasvattavan korjaustoimintaa enemmän. [9, s. 13.]



Kuva 2. Asunto-osaakeyhtiöiden (vasemmalla) korjauksiin johtaneet syyt (SVT). [6.]

Kuva 3. Kerrostaloasuntojen ja omakotitalojen (oikealla) korjauksiin johtaneet syyt (SVT). [7.]

Korjausrakentamisella on myös todettu olevan työllistymiseen parempi vaikutus, kuin uudisrakentamisella. Tätä on hyödynnetty valtiontaloudessa laman aikana lisäämällä korjausrakentamiselle suunnattuja tukia ja avustuksia, jotka taas säästyvät vähentyneinä työttömyyspäivärahoina ja tuloverojen kasvuna. [4, s. 11.]

2.1.1 Rakennusten vanheneminen

Kuten aikaisemmin kuvassa 1 näkyi, suuri osa Suomen rakennuksista on rakennettu 1970- ja 1980-luvun jälkeen, joten voidaan olettaa rakennusten peruskorjauksiin huomiota ottaen (noin 35–45 vuotta), että tulevaisuudessa korjausrakentamisen tarve vain kasvaa. Vanheneviin rakennuksiin kohdistuvat korjaustarpeet sisältävät mm. talotekniikan, julkisivujen ja vesikattojen korjaamista. Korjauksia vaativista rakennuksista suurin osa on asuinkerrostaloja, joissa vielä asutaan. [8, s. 1.]

2.1.2 Rakennusten käyttötarpeiden muuttuminen

Toinen korjaustoimenpiteitä aiheuttava tekijä on väestön selvä jakautuminen väheneviin ja kasvaviin seutukuntiin ja alueisiin. Väestön siirtyminen näkyy katoalueiden arava-asuinkerros- ja rivitalokannan tyhjentymisenä. Varsinkin kouluja jää pois käytöstä kunnallisen palvelurakenteen tehostamisen myötä. Tämä näkyy myös alueellisen rakennustoiminnan eriytymisenä. Taantuvilla alueilla tarvitaan enemmän ratkaisuja tyhjen talojen omistamisesta, kehittämisestä ja purkamisesta osana kunnan kehittämistä pitkällä aikavälillä. [4, s. 12.]

Kehitys alueilla väestön liikkuminen esiintyy toisenlaisina ongelmina. Rakennusten tyhjentymisen sijaan tarvitaan lisää asuin- sekä liiketilaa. Tämä taas johtaa valmiiksi kaavoitettujen alueiden täydennysrakentamiseen. Alueille rakentaminen ei kuitenkaan ole niin yksinkertaista. Rakentamista voi rajoittaa mm. kaavoitustilanne ja nykyisten asukkaiden vastustus. [4, s. 12.]

2.2 Korjausrakentaminen tulevaisuudessa

Korjausrakentamiseen on panostettu erinäisillä taloudellisilla helpotuksilla sekä tutkimuksilla, mutta parantamisen varaa on vieläkin. Vaikka korjausrakentaminen muodostaa lähes puolet kaikesta rakentamisesta, sillä on silti vähäinen osuus rakennusalan koulutuksessa sekä tutkimus- ja kehitystoiminnassa. [4, s. 15.] Suomessa pyritään myös nollaenergiarakentamiseen. Vanhojen rakennuksien muuttaminen lähes nollaenergiarakennuksiksi vaatii erityistä huolellisuutta toteutuksessa. Nollaenergiarakentamisessa on vielä kysymyksiä, joten maamme ilmastoon sopivien ratkaisujen tutkimus- ja kehitystoimintaan, opastukseen sekä koulutukseen tulisi panostaa tulevaisuudessa. [3, s. 10.] Vaikka uudisrakentamisen menetelmät soveltuisivatkin korjausrakentamiseen, on kuitenkin korjausrakentamisessa otettava huomioon olemassa olevan rakennuksen ominaispiirteet sekä korjaushankkeen omat reunaehdot. [4, s. 15.]

Rakennuksen korjaamisessa suunnitelmallinen kunnossapito on kustannusten kannalta tehokkaampi ratkaisu, kuin korjaaminen. Tästä syystä kiinteistön omistaja on merkittävässä roolissa rakennuksen korjaamisessa tulevaisuudessa. Tätä edistetään maankäyttö- ja rakennusasetuksella, jossa määrätään kaikille vuoden 2000 jälkeen rakennetuille uudisrakennuksille laadittavan käyttö- ja huolto-ohje, eli ns. huoltokirja. [3, s. 15.]

Rakennusten kunnossapitoon sisältyy kuminkin suurempiakin korjauksia. Kunnossapitokustannusten ennakointiin tulisi säästää noin 0,5-1,5 % rakennusten hankintahinnasta vuotuisasti. Kuntien kiinteistöjen kannattaa myös varautua erilasiin toiminnallisiin muutoksiin. [11, s. 53 - 54.]

Korjaamisessa ollaan myös hiljalleen siirtymässä digitaalisiin ratkaisuihin. Tietomallintamisen määrä isoissa korjauskohteissa on kasvanut. Pienemmissä kohteissa lähtötietojen tarkkuus ja määrä tosin vaikuttaa mallinnuksen käyttöönotto päätökseen negatiivisesti, eikä aina ole täysin selvää, saadaanko mallista tarpeeksi hyötyä sen tekemiseen käytettyyn aikaan verrattuna. [11, s. 15.] Tietomallinnus tarvitsee myös uudenlaisia menetelmiä projektin toteutusta suunniteltaessa, joihin on vastahakoisuutta. Myös osaamisen määrä on vielä vähäistä rakennusalalla. Korjauksen määrän kasvaessa mallinnuksenkin käyttö kasvaa, jolloin kokemuksen määrä alalla kasvaa, ja käytännöt tulevat tutuiksi. [12, s. 70.]

3 Tietomallintaminen

Tietomallintaminen, tai BIM (Building Information Modeling), on 2000-luvulla yleistynyt rakennushankkeen suunnittelutapa. Se sisältää rakennuksen suunnittelun, rakentamisen ja käytön. Tietomallintamisessa on hyvä pitää mielessä, että se ei ole vain teknologian kehittymistä tai muuttumista, vaan se on myös prosessin muutosta. Se vaikuttaa siihen, miten asiakkaan tarpeet voidaan ottaa huomioon, tai miten eri suunnitelmat vaikuttavat hankkeeseen ja miten ne toimivat keskenään. [2, s. vii.]

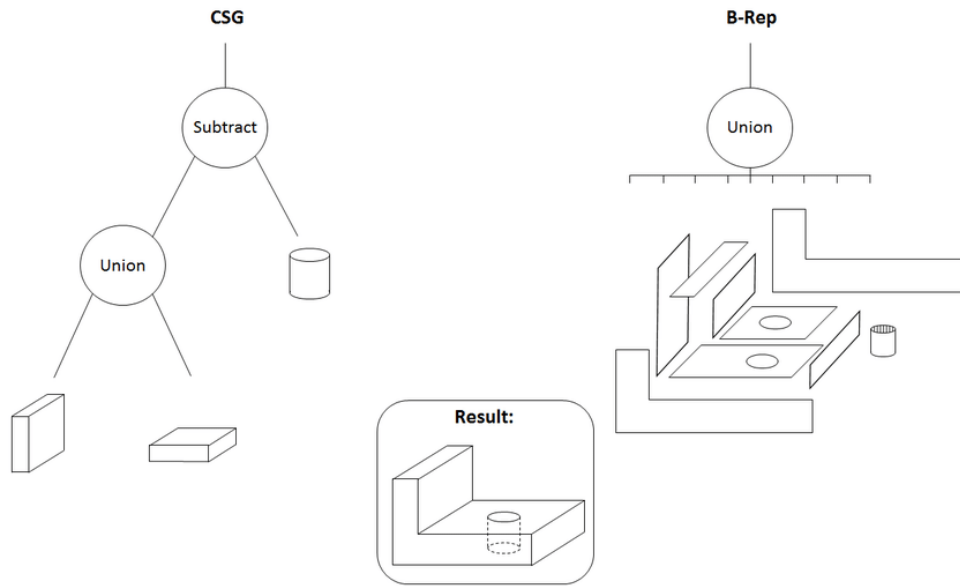
3.1 Mitä on tietomallintaminen

Tietomallintamisessa rakennus ”rakennetaan” virtuaalisesti vastaamaan oikeata rakennusta. Rakennus tehdään objekteista joihin voidaan liittää tietoa mm. niiden geometriasta, sijainnista ja materiaalista. Tietomallinnuksella voidaan tehokkaasti hallita rakennuksen tietosisältöä.

3.1.1 Aikainen mallintaminen

Tietomallintaminen rakennusalalla on melko uusi ilmiö, mutta mallintaminen itsessään ei ole uutta. Ensimmäiset yksinkertaiset 3D-mallit kehitettiin 1960-luvulla ja parametreihin perustuvat objekti-pohjaiset mallinnus työkalut kehittyivät 1980-luvulla. Ensimmäiset käytännölliset mallinnus työkalut perustuivat kahteen tapaan. B-rep (boundary representation) tavalla, jossa yhdistetään pintoja siihen kehitetyillä funktioilla. Tällä pystyttiin luomaan 3D-objekteja, joiden mittoja pystyttiin helposti muokkaamaan. Objekteina toimi mm. kuutio, pyramidi ja sylinteri. Näitä yksinkertaisia objekteja pystyttiin yhdistämään toisiinsa tai vähentämään toisistaan Boolean operaattoreilla, luoden monimutkaisempia objekteja.

Toinen tapa oli CSG (Constructive Solid Geometry), jossa yksinkertaiset objektit esitettiin funktiona, ja lopuksi yhdistettiin boolean operaattoreilla. Näiden kahden tavan suurin ero oli se, että CSG tallensi objektit kaavamudossa, pitäen tiedosto koot pieninä, toisin kuin B-rep, joka tallensi objektit operaatioiden sekä väittämien ryhmänä. Myöhemmin nämä kaksi tapaa yhdistettiin. Nykyiset mallinnus työkalut toimivat käyttäen kumpaakin tapaa, CSG muokkaamiseen ja B-rep esittämiseen. [2, s. 32–36.]



Kuva 4. CSG ja B-Rep mallin luonti [G. Requicha and Voelcker, 1983.]

Materiaalien yhdistäminen objekteihin otettiin nopeasti käyttöön, jotta saataisiin tuotettua materiaali määräluetteloita sekä laskettua rakennusten paino. Ongelmia esiintyi kahden eri materiaalin omaavan objektin liittämisesssä toisiinsa, esimerkiksi elementin nostoreenkaat, jotka sijaitsevat osittain elementin sisällä. Kummatkin nähtiin omana objektina. Ongelmaan kehitettiin ratkaisu jakamalla objektit pääobjekteiksi ja "ominaisuus" objekteiksi, jotka upotetaan pääobjekteihin.

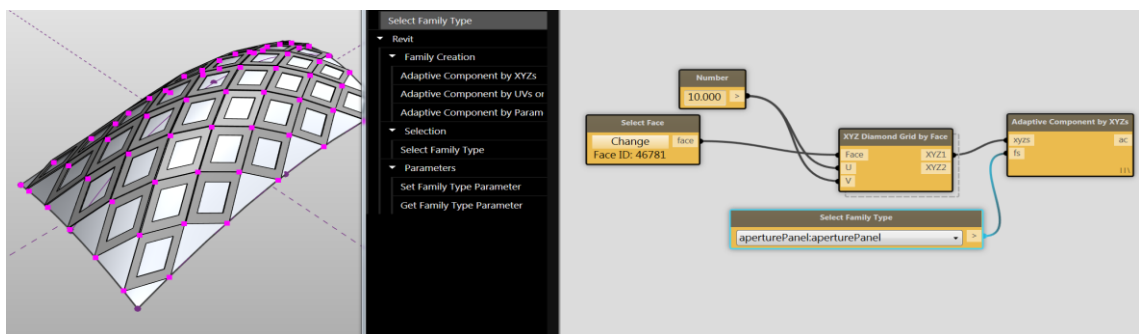
Seuraava merkittävä askel mallintamisessa oli kyky liittää monia objekteja samoihin parametreihin. Yksittäisen objektin mitat voidaan rajata sitä ympäröivillä, ja siihen liittyvillä objekteilla. Esimerkiksi seinä voidaan rajata lattialaataalla, siihen liittyvillä muilla seinillä, sekä katolla. Jos joku näiden objektien sijainnista tai pinta-alasta muuttuu, siihen liittyvien objektien mitat muuttuvat samalla. Objekteja voitiin liittää myös globaaleihin parametreihin, esimerkiksi moduuliviivoihin. Kaikkien moduuliviivaan liitettyjen objektien tulisi päivittyä moduuliviivan muuttuessa tai siirtyessä. Viimeinen kehitysaskel mallintamisessa oli ohjelman sisäinen ratkaisija -ominaisuus. Objektien monimutkainen liittyminen muihin objekteihin ja muutosten vaikuttaminen liittyviin objekteihin vaati ohjelmalta tehokkaan ratkaisun löytämisen objektien päivittämiseen. Tämän päivän mallinnusohjelmat tukevat tällaista automaattista päivittymistä. [2, s. 37,38.]

3.1.2 Parametrinen mallinnus

Parametrisessa suunnittelussa yksittäisten objektien sijaan suunnittelija ensin luo objektiluokan. Objektiluokan rakenne muodostuu yleensä suunnallisesta kaaviosta, jolle voidaan asettaa kiinteitä ominaisuuksia ja parametreja, joiden sisällä objekti muuttaa itseänsä riippuen tilanteesta. Objektiluokalle voidaan myös asettaa rajoitteita ja sääntöjä jotka sen pitää täyttää, esim. objektin kiinnittyminen muihin objekteihin, objektin samansuuntaisuus, sekä sen etäisyys pisteestä. [2, s. 38–41.]

BIM Handbook jakaa parametrisen mallinnuksen kolmeen eri asteeseen:

1. Yksinkertaisimmassa muodossa parametrisesa mallinnuksessa voidaan luoda monimutkaisia muotoja ja kokoonpanoja jotka määräytyy muutamalla parametilla. Tätä kutsutaan usein parametriseksi kappaleen mallintamiseksi. Kappaleen muokkaaminen tapahtuu muuttamalla parametreja ja regeneroimalla kappale tai asetelma.
2. Kehittyneemmässä muodossa määritetään kokoonpanomalli joka päivittyy automaattisesti, kun jonkin siihen kuuluvan kappaleen parametreja muokataan, ja päivitykset tapahtuvat tietyssä järjestyksessä koko asetelmassa.
3. Merkittävästi kehittyneemmässä muodossa pystytään yhdistämään yhden kappaleen määrääviä parametreja toiseen kappaleeseen, jos ennalta määritetyt säännöt tai vaatimukset täyttyvät. Koska kappaleet voivat liittyä toisiinsa eri tavoilla, pitää ohjelman pystyä automaattisesti määräämään kappaleiden päivitysjärjestykset. Tätä pidetään täysin parametrisesa mallintamisena, tai parametrisesa objektin mallintamisena.



Kuva 5. Parametrinen mallintaminen Dynamo-ohjelmalla.

3.1.3 Tietomallinnus projektissa

Tietomallinnukseen kuuluu myös muutakin, kuin vain 3D-malli. Tietomallintamisen vaikutus hankkeessa näkyy suunnittelun muuttumisella etupainotteisemmaksi. Tämä pitää ottaa huomioon hankkeen aikataulua tehtäessä. Hankkeen alkuvaiheessa voidaan tehdä suurempia päätöksiä, sekä analyyseja tehtäessä voidaan havaita useampia ongelmia ja suunnitteluratkaisuja. [12, s. 5-7.]

Analyyseja on aina tehty, mutta niiden lähtötiedot on perinteisesti jouduttu tekemään manuaalisesti. Tietomallintaminen tekee analyysien tekemisestä tehokasta, sillä lähtötiedot saadaan osittain tai kokonaan tietomalleista. Analyyseja voidaan myös tehdä useammin ja aikaisemmassa vaiheessa. Vaikka analyyseista ei välttämättä saadakaan aina oikeaa suunnittelu ratkaisua selville, saadaan nämä tilanteet tietoon ennen rakentamisen alkamista. [12, s. 5-7.] Analyyseja voidaan tehdä mm. määrälisäyksistä, suunnitelman ympäristövaikutuksista sekä lujuudesta sekä energiatehokkuudesta. Tietomallissa voidaan tehdä myös törmäystarkasteluja eri suunnitelmien ristiriitojen löytämiseksi, etenkin ilmanvaihtokanavien ja kantavien rakenteiden yhteen sopivuutta voidaan verratta helposti. [13 s. 3.]

Tietomallien avulla voidaan tehdä myös erilaisia simulointeja havainnollistamista parantamaan. Esim. valaistusta voidaan tutkia simuloimalla, jolloin voidaan saada hyvinkin realistisia visualisointi aineistoa. Energia-, olosuhde- ja ympäristötavoitteiden simuloinneilla voidaan myös hallita ylläpidon kustannuksia ja elinkaarivaikutuksia, jotka ovat kiinteistön omistajalle tärkeää aluetta. [14, s. 6.; 15, s. 6.]

Tietomallin tavoitteena ei ole pelkästään rakentamisen tehokkuuden ja laadun parantaminen, mallista saadaan myös hyötyä rakennuksen ylläpidossa sekä korjaus- ja muutostöissä. Tietomallin hyödyntäminen rakennuksen koko elinkaaren aikana vaatii kuminkin käyttäjiltä laajaa osaamista, sitoutumista, kiinnostusta sekä ohjelmien ja tiedonsiirtoformaattien yhteen sopivuutta. [11 s. 3.]

3.2 Yleiset tietomallivaatimukset 2012

Yleiset tietomallivaatimukset 2012, tai YTV 2012 on päivitys Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaistuihin tietomallivaatimuksiin. Niissä on selitetty yleisesti tietomallintamisen päätavoitteita ja eri suunnittelu alojen vaatimuksia ja ohjeita. YTV 2012 on jaettu yhteensä 14 osaan ja neljään täydentävään liitteeseen. Osat ovat seuraavat:

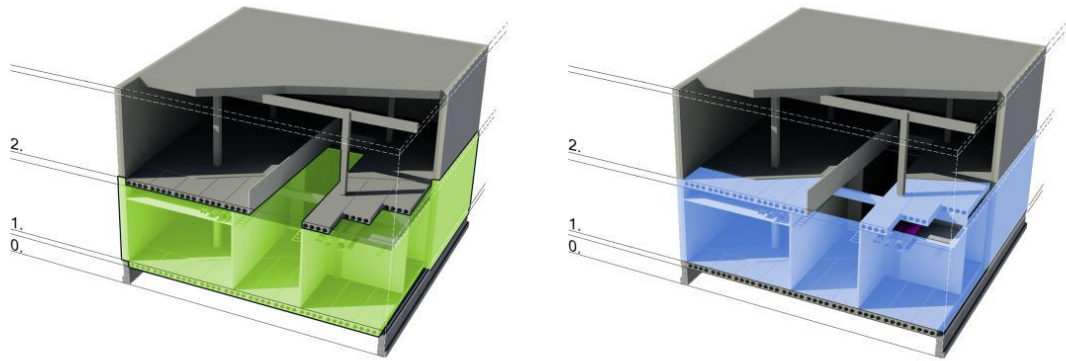
- Osa 1 Yleinen osuus
- Osa 2 Lähtötilanteet mallinnus
- Osa 3 Arkkitehtisuunnittelu
- Osa 4 Talotekninen suunnittelu
- Osa 5 Rakennesuunnittelu
- Osa 6 laadunvarmistus
- Osa 7 Määrälaskenta
- Osa 8 Havainnollistamista
- Osa 9 Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
- Osa 10 Energia-analyysi
- Osa 11 Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
- Osa 12 Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
- Osa 13 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
- Osa 14 Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa

Jokaisen suunnittelijan tulisi tutustua oman alansa osuuteen, sekä ainakin osiin 1 ja 6. Tämän lisäksi tiedonhallintaa johtavan henkilön on hallittava tietomallivaatimusten periaatteet kokonaisuutena. Osa 1 määrittää käytävien ohjeltojen vaatimukset, mallien luovuttamisen, mallin mittamaailman, mallintamisen tai ”mitä mallinnetaan ja miten” ja mallien mukana kulkeva dokumentit.

Käytettävien ohjelmistojen pitää vähintään olla IFC 2x3 sertifioituja, mikäli hanke on julkinen. Tämä voidaan kuminkin määrittää tarkemmin hanke kohtaisesti, esim. käytettävän IFC-version tai erityisominaisuuksien suhteen. Työn aikana mallit luovutetaan työn vaatimassa laajuudessa sekä IFC-muodossa, eikä niihin saa sisällyttää muiden suunnittelijoiden malleja. Projektin lopuksi kaikki mallit sekä sähköiset dokumentit luovutetaan sopimuksen mukaisesti tilaajalle. Tämä ei tosin koske inventointimallia, joka toimii korjauskohteissa arkkitehdin suunnittelumallin pohjana. Alkuperäinen inventointimalli tulee tosin säilyttää erillisenä versiona vertailua varten.

Tietomallintaessa projektille määritetään projektikoordinaatisto suhteessa kunnan koordinaatistoon siten, että projektin origo sijaitsee lähellä projektia, ja rakennus sijaitsee koordinaatistossa positiivisella puolella. Projektia ei suositella suunniteltavan suoraan kunnan koordinaatistoon, sillä tietomallin sijaitseminen kaukana origosta aiheuttaa ongelmia suurimmalle osalle ohjelmistoista. Projektin korkeusasema mallinnetaan kunnan korkeusjärjestelmän mukaan. Ennen rakennusosamallia, mallissa käytetään liittymämittoja joiden tulee olla johdonmukaisesti aina tarkalleen normin mukaisia. Mallit tehdään mahdollisimman tarkasti, mutta kuitenkin tarkoituksenmukaisesti.

Mallin objektit pyritään tekemään niille tarkoitetuilla työkaluilla, esim. seinä mallinnetaan seinätyökalulla ja palkki mallinnetaan palkkityökalulla. Mikäli työkaluja joudutaan soveltamaan eri rakennusosiin, tulee tämä dokumentoida tietomalliselostukseen. Malli tulee myös mallintaa kerroksittain, tosin eri suunnittelualat jakavat kerrokset eri tavalla. Mikäli käytettävä ohjelmisto ei tue tällaista mallintamistapaa, tulee mallin sisältää tietorakenne, joka tukee kerroskohtaista tarkastelua.



Kuva 6. YTV 2012 Osa 1. Vasemmalla arkkitehtimallin ja oikealla rakennemallin kerrosjako. [17.]

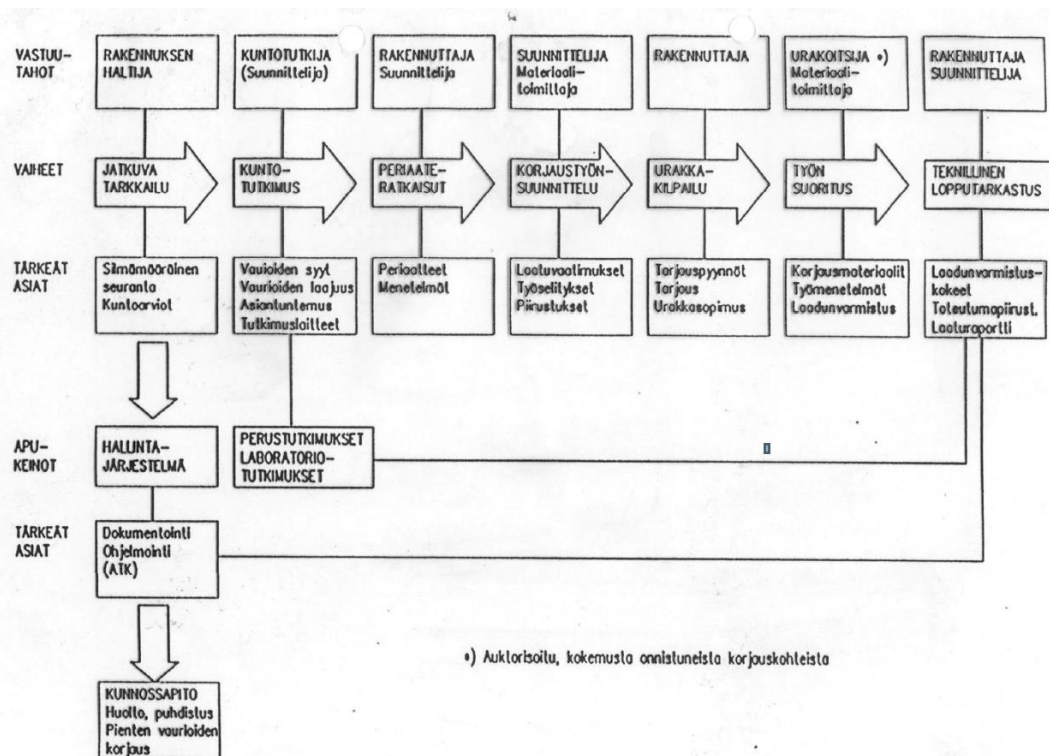
Mallin lisäksi tietomallintamisessa luodaan myös tietomalliselostus. Tietomalliselostus sisältää kuvauksen mallista, sen sisällöstä, mallinnustavoista sekä poikkeamista yleisiin mallinnus tapoihin, esim. mallinnustyökalujen soveltamisesta. Seloste tulee päivittää aina, kun malli julkaistaan muiden osapuolten käyttöön. Muiden suunnittelijoiden olisi tarkoitus pystyä tulkitsemaan mallia selosteen avulla. [16.]

4 Tietomallinnus korjausrakentamisessa

Tietomallinnus korjausrakentamisessa on monelta osin samankaltaista kuin uudisrakentamisessa, mutta korjausrakentamisessa tulee vastaan muutama seikka, joka tekee korjausrakentamisen tietomallintamisesta haastavaa. Mm. lähtötietojen saanti, ja niiden tarkkuus voi tehdä tietomallin tekemisestä raskasta tai aikaa vievää. Myös mallista saatava hyöty vaihtelee kohdekohtaisesti paljon. [13.]

4.1 Korjausrakentamisen vaiheet

Korjausrakentamisen vaiheet eivät juurikaan eroa uudisrakentamisesta, muuta kuin kuntoarvioiden ja mahdollisten kuntotutkimuksien tekemisen tarpeella. Kuntoarvion ja kuntotutkimuksen erona toisistaan on niiden laajuus ja tarkkuus. Kuntoarviossa rakennusta tarkastellaan laajana kokonaisuutena, yleensä aistihavaintoja käyttämällä. Kuntotutkimuksessa tarkastellaan yleensä yksittäisiä rakennusosia, tutkimalla pintaa syvemmältä, jotta saataisiin selville vaurion tai ongelmaan laajuus ja syy. Näillä tavoilla saadaan selville korjaamisen tarve sekä mahdolliset toimenpide-ehdotukset. 12, s. 24–25.]

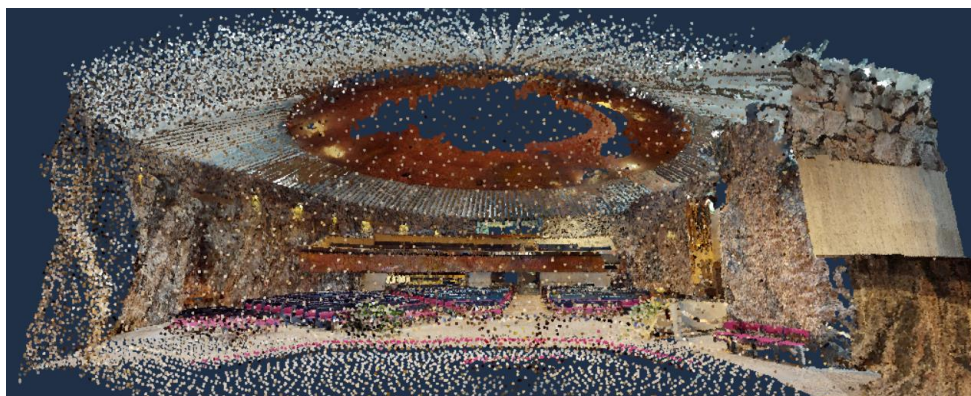


Kuva 7. Korjausrakentamisprosessin kulku, osapuolet ja tehtävät [18.]

Hankesuunnitelmaa tehtäessä korjausrakennuskohteeseen yleinen ongelma on lähtötietojen puutteellisuus tai epätarkkuus. Korjausta suunniteltaessa käytetään rakennuksen vanhoja suunnitelmia ja rakenneavauksia. Vanhojen suunnitelmien mittatarkkuuksista ei aina voida olla varmoja, sekä rakenteiden todellinen toteutus voi poiketa suunnitelmasta. Rakenneavauksilla saadaan tietoa rakenteen todellisesta sisällöstä, mutta niiden ongelmaksi syntyy yleensä se, että rakenne on käytössä suunnitelmia tehdessä, jolloin rakenneavauksien mahdollinen teko siirtyy myöhäiseen vaiheeseen suunnittelua. Tämä aiheuttaa merkittävän ongelman mallintamalla tehtävälle suunnittelulle, sillä mallintaminen vie paljon aikaa. Myös mittatietojen puutteellisuus vaikeuttaa uusien ja vanhojen rakenteiden liitoksien suunnittelua. [12, s. 46–50.]

4.2 Keilaaminen

Laserkeilaaminen on korjaamisessa tehokas tapa mallinnuksen pohjan luontiin sekä mittojen keräämiseen. Useimmiten keilaus tapahtuu hankesuunnitteluvaiheessa, mutta jos se katsotaan erittäin hyödylliseksi, voidaan se tehdä jo tarvesuunnittelun aikana. Kohde voidaan myös keilata purkujen jälkeen, jolloin saadaan mitattua myös piilossa olleet rakenteet. Keilaamalla saadaan hyvä pohja mallintamiselle sen tarkkuudesta johtuen. Mikäli kohde keilataan, olisi hyvä saada suunnittelijat mukaan keilaamista suunnittelemaan. Keilaamista suunniteltaessa on hyvä selvittää mittatarkkuus tilakohtaisesti, liian harva pistetiheys aiheuttaa epätarkkuutta mittaamisessa, kun taas liian tiheä pistetiheys aiheuttaa suuria tiedosto kokoja, hidastaen tiedoston työstämistä. Keilaamisen lopputuloksena syntyy pistepilvi, josta voidaan poimia mm. kahden keilatun pisteen välinen etäisyys. Tämä on erittäin hyödyllistä, kun suunnittelijoiden tai urakoitsijoiden ei tarvitse aina käydä paikan päällä tekemässä mittauksia.



Kuva 8. Temppelinaukion kirkon sisäpuolelta tehdyn laserkeilauksen pistepilvi. [21.]

4.3 Inventointimalli

Tietomallintaessa inventointimalli toimii yleensä suunnittelun pohjana. Tästä syystä inventointimallin tulisi olla mahdollisimman mittatarkka, jotta siihen voisi luottaa mahdollisimman paljon. YTV2012 osassa 2 on määritetty inventointimallin mittapoikkeamat. Inventointimallissa olisi hyvä myös määrittää rakenteille niiden rakenne tyytit siinä määrin, mitä niistä tiedetään, jotta saataisiin esim. eroteltua kantavat seinät kevyistä seinistä. Tietomalliselostuksessa olisi hyvä ilmaista mikäli tietyt rakennetyypit ovat epäselviä, sekä päivittää näitä sitä mukaa kun mittaukset etenevät. Inventointimallia tehdessä olisi hyvä pitää mielessä, kenelle sitä ollaan tekemässä sekä mihin tarkoitukseen malli on tulossa. [12, s. 63–64.]

Inventointimallin käyttö eri suunnittelijoille on vaihtelevaa. Rakennesuunnittelijalle inventointimalli antaa rakennuksen mittamaailman sekä reunaehdot uusille rakenteille. Mittatarkkuudet sovitaan kohdekohtaisesti, mutta kannattaa tilannekohtaisesti harkita tarke-mittausten tekemistä, mikäli mallinnettava rakenne vaatii suurta tarkkuutta, esim. uuden teräsrakenteen liittäminen vanhaan. Vaikka inventointimalli pyritään tekemään mahdollisimman mittatarkaksi, ei kumminkaan absoluuttiseen mittatarkkuuteen kannata pyrkiä. [12, s. 64–65.]

Vaikka inventointimallissa esitetään yleensä pintarakenteet, olisi hyvä inventointimalliin lisätä myös rakenteen sisäpuolella oleva osat. Rakenteet kannattaa myös luokitella, jotta voitaisiin piilottaa mallista tarpeetonta tietoa. Talotekniikan suunnittelulle on tärkeää saada tietää esim. missä päin välipohjarakenteen palkit sijaitsevat mahdollisia läpivientejä suunniteltaessa. [12 s. 64.]

4.4 Mallintamisen haasteet

Mallintamisen uutuus tuo uusia haasteita ja mahdollisuuksia rakentamiseen. Haasteet esiintyvät osaamattomuutena, vastustuksena muutokselle, sekä uusien yhteisten, mallintamiseen sopivien käytäntöjen puutteena. Mallintamisen uutuuden takia kokemuksen määrä on vielä vähäistä. Varsinkin korjaamisessa esimerkkikohteita on vähäinen määrä. Tietomallintamisen ymmärtäminen kokonaisuutena vaatii myös aikaa ja koulutusta.

Tietomallintamisen käyttöönotto on yhtiöille raskasta. Alussa kertyy kustannuksia ohjelmistojen hankinnasta, henkilöstön koulutuksesta sekä käytäntöjen muutoksesta. Vaikka ohjelmien mukana tuleekin yleensä valmiita objekteja, joutuvat yhtiöt useasti täydentämään objektikirjastoja omien tarpeidensa mukaan. Myös ohjeistusta joudutaan yleensä täydentämään. Malleja tehdessä pitää myös olla tarkkana, ettei mallista tee aluksi liian tarkkaa. Mallintaminen voi myös tuntua turhautavalta, sillä mallintamisen hyödyt tulevat esille vasta myöhemmin.

Myös yhteistyön tekeminen mallintamalla luo haasteita. Yhteistyö mallintamisessa on samankaltaista sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Kummassakin on tärkeää sopia etukäteen tarkasti, mitä kunkin osapuolen mallit pitävät sisällään, jotta välttyttäisiin ongelmilta sekä turhan työn tekemiseltä. Nykyiset sopimuskäytännöt, jotka perustuvat piirustuspohjaiseen prosessiin, eivät sovellu mallintamisessa riittävän hyvin järkevän yhteistyön tekemiseen. Myös asennemuutosta tarvitaan yhteistyön tekemiseen, sillä mallintamisessa tulisi ajatella kokonaisuutta. Vaikka mallista ei välttämättä rakennesuunnittelijalle, voi sen tekeminen hyödyttää muita osapuolille. Sopimuksellisia haasteita on mm. kuka omistaa useat suunnitelma-, valmistus-, analyysi- ja rakennustiedostot, ja kuka on vastuussa niiden tarkkuudesta. [12, s. 51–70; 2, s. 26–27; 19, s. 47.]

4.5 Mallintamisen hyödyt

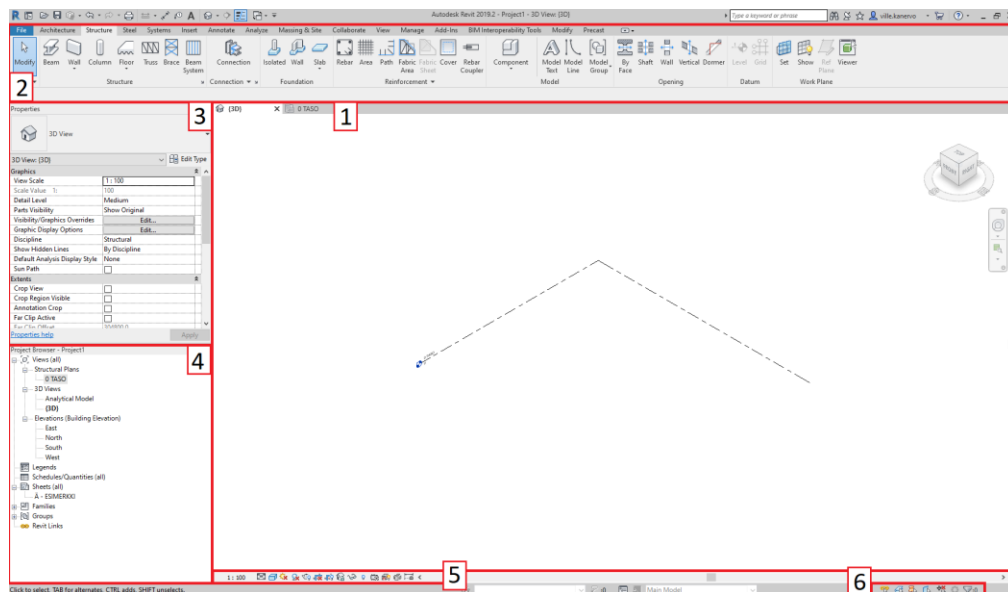
Tietomallintamisella tuotetulla 3D-mallilla on paljon hyödyllisiä ominaisuuksia. Havainnollisuus on yksi suurimmista hyödyistä mitä mallista voi saada. Tämä näkyy parhaiten kun vertaa mallia perinteisiin piirustuksiin. Kun mallia voi katsoa perspektiivistä, näkee hyvin nopeasti, minkä näköinen kohde on kyseessä. Mallilla voidaan myös havainnollistaa eri rakenneratkaisuja ja niiden erojen vaikutusta kokonaisuuteen. Mallin tarkastelemiseen ei myöskään tarvitse erikoiskoulutusta, ja mallin tarkastelemiseen tarvittavien ohjelmien käyttäminen on helppoa.

Suunnittelemisen yhteistyössä mallintaminen tuo tehokkaita työkaluja, kuten esim. törmäystarkastelu, sekä muiden alojen suunnitelmien havainnollistaminen 3D-mallilla. Muiden suunnitelmien helppo ja nopea havainnollistaminen mahdollistaa muiden suunnitelmien helpomman huomioinnin omassa työssä. Mikäli malli on tehty mittatarkaksi, saadaan siitä myös helposti eri mittatietoja sekä määrätietoja. Rakennesuunnittelussa malli tuo suunnittelemiseen helpotusta geometrisesti haastavissa kohteissa.

Toimistoissa tietomallin käyttämisen hyötyjä voidaan arvioida virheiden ja muutosvaatimusten määrän vähenemisellä. Tietomallintamisen tuoma automaatio mm. vähentää inhimillisten virheiden määrää sekä tekee suunnitelmista keskenään yhteensopivia. Tämä tosin vaatii, että koko suunnittelu toimii tietomallipohjaisena. Suunnitelmien päivittäminen muuttuu helpommaksi, kun kaikki suunnitelmat tulevat yhdestä mallista. Mallia päivittäessä kaikki siitä uudelleen otettavat suunnitelmat päivittyvät samalla, eikä josta suunnitelmaa, jota päivitys koskee, tarvitse muuttaa erikseen.

5 Autodesk Revit

Tämä lopputyö keskittyi Autodeskin ostamaan ja kehittämään Revit-ohjelmalla tuotettaviin tulosteisiin, joten jonkinlainen käsitys Revit:n perusominaisuuksista on hyvä olla. Revit:n käyttöliittymä voi näyttää tutulta Autodesk AutoCAD -ohjelmasta. Alla olevassa kuvassa käyttöliittymä on jaettu eri alueisiin ja alueiden sisältö selitetty.



Kuva 9. Kuvankaappaus Autodesk Revit -ohjelman aloitusnäkymästä, kun avataan aloituspohjatiedosto.

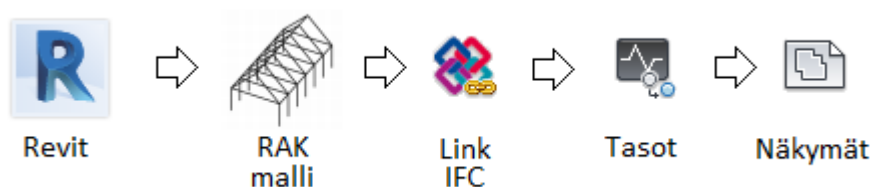
1. Projektin näkymä, jossa mallia työstetään suurimman osan ajasta. Näkymätyyppejä on erilaisia. 3D-näkymät, tasonäkymät, leikkausnäkymät, osasuurennosnäkymä, tulostusnäkymä ja julkisivunäkymä esittävät mallin graafisesti. Mallista saadaan myös taulukkonäkymiä, joihin voidaan listata tietoa mallista, esim. materiaalmäärät. Selostenäkymään voidaan lisätä piirrosmerkintöjen valmiiksi haluttuun järjestykseen. Tämä helpottaa selostuksien lisäämistä näkymiin, jos samoja selostuksia esiintyy toistuvasti projektissa. Luonnosnäkymät toimivat erillisinä kuvina jotka ovat erillään mallista. Luonnosnäkymä toimii parhaiten, jos halutaan piirtää esim. kuva monimutkaisesta liitosdetaljista, joka toistuu rakennuksessa useasti, mutta sitä ei ole järkevää lisätä itse malliin, tai jos Revit malliin halutaan tuoda esim. rakennetyyppi kuvia AutoCAD-ohjelmasta.

2. Mallinnustyökalut, joilla mallia tai projektia muokataan. Työkalut on jaettu eri aloit-
tain ja tarkoituksien mukaisesti välilehdille. Esim. Structure-välilehdellä on raken-
teellisten rakennusosien mallintamiseen tarvittavat työkalut, ja Annotate-välileh-
dellä on tekstien ja viivojen lisäämiseen tarvittavat työkalut.
3. Properties, eli ominaisuusikkuna, jossa objektien ja näkymien asetuksia, ominai-
suuksia, ja parametreja voidaan muokata. Ominaisuudet on jaettu sen mukaan,
mihin osaan ne vaikuttavat, esim. näkymän ominaisuuksissa Extents-osan alla
olevat asetukset vaikuttavat näkymässä esitettävän alueen laajuuteen, ja objek-
tien ominaisuuksissa Dimensions-osan alla olevat asetukset vaikuttavat objektin
mittoihin.
4. Project Browser, eli projektihakemisto, johon on listattu projektin eri näkymät, ob-
jektiperheet, ryhmät ja linkitetyt tiedostot. Projektihakemistossa voidaan näkymät
jakaa asetuksien, esim. näkymälle annetun numeron perusteella ryhmiin, jolloin
niiden seuranta helpottuu.
5. Asetukset ja työkalut, joilla voidaan aktiiviseen näkymään vaikuttaa hetkellisesti.
Näillä voidaan säätää miten tarkasti objektit näytetään näkymässä, esim. näyte-
tääkö palkit vain symbolisena viivana, vai esitetäänkö niiden profiilit pyöristystä
myöten. Työkaluilla voidaan myös hallita, mikäli näkymässä näytetään analyyt-
tinen malli fyysisen mallin lisäksi, rajataanko näkymä ja näytetäänkö rajauksen
ääriviivat, sekä voidaan piilotta tai eristää valitut objektit muista objekteista.
6. Asetukset, joilla voidaan vaikuttaa objektien valitsemiseen. Näillä voidaan säätää
esim. voiko linkitettyjä malleja, pohjakuvia tai nastalla kiinnitettyjä objekteja valita,
tai voiko objekteja valita vain niiden reunoista ja tarvitseeko objekti valita ennen
kuin sitä pystyy liikuttelemaan.

6 3D-objektien esittäminen

6.1 Näkymien luonti

Revit luo tasonäkymiä kerrostasoista, joten jotta saataisiin kerrostasot pysymään yhtenäisinä projektin muiden osapuolien kanssa, on helpompaa käyttää inventointimallin tai arkkitehtimallin mukana tulevia kerrostasoja, sen sijaan että määrittäisi kerrostasot itse. Revit:ssä voidaan kopioida kerrostasot linkitetystä mallista ja käyttää niitä mallintaessa. Revit ilmoittaa linkitettyjä malleja päivittäessä mikäli kopioitujen tasojen paikka on muuttunut. Kun kerrostasot on saatu kopioitua, voidaan niiden pohjalta luoda tarvittavat näkymät.



Kuva 10. Revit:llä avataan RAK-malli, johon linkitetään ARK- tai inventointimalli, josta kopioidaan kerrostasot, joita käyttäen tasonäkymien luontiin.

Tasonäkymiä on neljä erilaista. Floor plan, eli lattiatasonäkymä, jonka katsomissuunta on alaspäin. Reflected Ceiling plan, eli kattotasonäkymä, joka on muuten sama kuin lattiatasonäkymä, mutta katsomissuunta on ylöspäin. Structural plan, eli rakennetasonäkymä, jonka katsomissunnan voi asettaa joko ylös- tai alaspäin. Rakennetasonäkymässä ei normaalisti esitetä muuta kuin kantavat rakenteet. Area plan, eli aluetasonäkymä, jossa esitetään rakennuksen eri alueet.

Tasonäkymien lisäksi rakennuspiirustuksissa käytetään leikkauskuvia. Leikkausnäky-
mien luonti onnistuu Revit:ssä vetämällä leikkausnäkötyökalulla viiva siitä kohdasta
mistä haluaa leikkausnäköluoda. Revit:ssä leikkausmerkinnässä on pää ja häntä
jotka voidaan merkitä eri merkeillä. Revit:n perusasetuksissa leikkaus merkitään kuvan
11 oikealla olevan merkinnän mukaisesti. Tämä ei kuitenkaan vastannut Konstrussa käy-
tettävää merkintätapaa, joten jouduttiin luomaan uusi leikkausnuoli joka voitiin asettaa
oikein aloitustiedostoon.

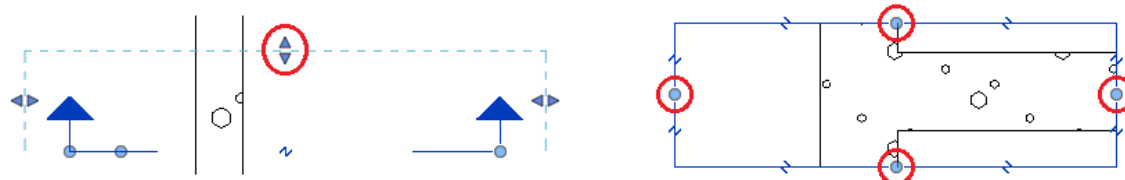


Kuva 11. Leikkausmerkitöjä. Oikealla on Revitin valmis merkitätapa ja vasemmalla Konstrussa käytettävä merkitätapa.

Osasuurennosnäkymän luonti toimii lähestulkoon samalla tavalla kuin leikkausnäkymän luonti, ja Revit:n antamaa valmista merkitätapaa ei tarvittu muokata kovinkaan paljoa, joten siihen ei likaa kiinnitytty huomiota ohjeessa.

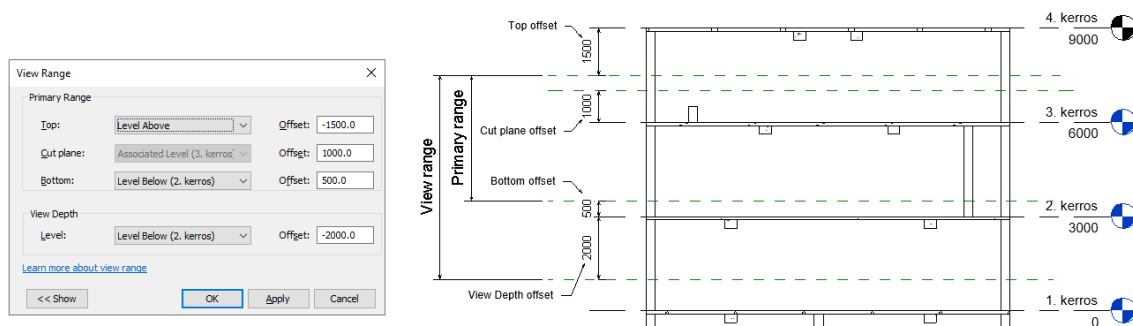
6.1.1 Näkymän alueen rajaaminen

Kun Revit:ssä luodaan näkymä, joudutaan sitä yleensä rajaamaan jossakin määrin. Näkymän rajaamisella saadaan helposti jätettyä näkymästä pois sellaiset asiat, joita ei tarvita näkymässä. Leikkauskuvien syvyyden rajaaminen tapahtuu yksinkertaisesti leikkausnäkymän luonnin jälkeen joko syvyyden säätävästä nuolesta vetämällä, tai numeerisesti ominaisuusikkunasta. Leikkausnäkymän leveyttä voidaan myös säätää vastaavista nuolista, tai itse leikkausnäkymässä ollessa näkymän reunoilla olevilla pisteillä.



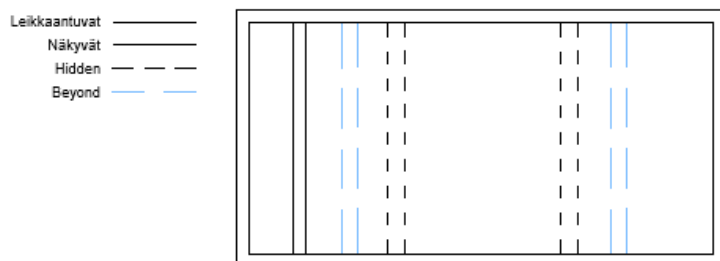
Kuva 12. Vasemmalla olevassa kuvassa on ympyröity leikkausnäkymän syvyyttä säätävä nuoli ja oikealla olevassa kuvassa ympyröity leikkausnäkymän reunoja säätävät pisteet

Tasonäkymässä näkymän reunojen säätäminen tapahtuu samalla tavalla kuin leikkausnäkymissä, toisin kuin syvyyden säätäminen. Tasonäkymän syvyyttä säädetään ominaisuusikkunasta löytyvällä View range -parametrilla. Revit-tasonäkymän syvyyden määrittämiseen käytetään neljää tasoa, Top, Cut plane, Bottom ja View Depth. Näiden tasojen korkeudet voidaan määrittää suhteessa valittuihin kerrostasoihin, paitsi Cut plane, joka on aina suhteessa tasonäkymän omaan kerrostasoon.



Kuva 13. Vasemmalla näkyy tasonäkymän syvyyden säätämiseen käytettävä välilehti, ja oikealla on havainnollistettu säätämiseen käytettävät tasot, kun tasonäkymä toimii 3. kerroksessa

Tasonäkymässä esitettävät rakenteet, sekä niiden esittämiseen käytettävät viivatyyppit riippuvat siitä, missä rakenteet sijaitsevat tasonäkymän syvyysuunnassa. Rakenteet jotka ovat näkyvissä tasonäkymässä ja eivät leikkaa Cut plane -tasoa, esitetään niille asetettua viivapaksuutta käyttäen, kun taas rakenteet jotka leikkaavat Cut plane -tason esitetään käyttäen leikkausviivapaksuutta. Rakenteet, jotka sijaitsevat primäärietäisyydellä, mutta ovat toisen rakenteen takana piilossa, esitetään käyttäen "Hidden" -viivatyyppiä. Rakenteet jotka sijaitsevat näkymän sisällä, mutta jäävät primäärietäisyyden ulkopuolelle, esitetään käyttäen "Beyond" -viivatyyppiä.

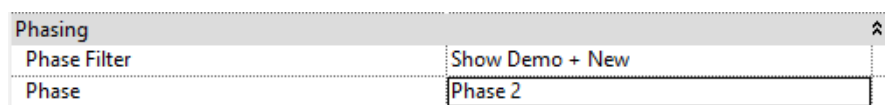


Kuva 14. Kuvassa 13 olevan rakennuksen 3. kerroksesta otettu lattiatasokuva. 3. kerroksen lattiasassa olevat palkit sijaitsevat primäärietäisyyden sisällä, mutta ovat lattialaatan alla piilossa, kun taas 2. kerroksen lattiasassa olevat palkit sijaitsevat näkymässä, mutta jäävät primäärietäisyyden ulkopuolelle

Jos rakennuksessa esiintyy rakenteita joiden esittämiseen tarvitaan rakenteen leikkaantumista, mutta rakenteet sijaitsevat eri koroissa, esim. ikkuna aukkojen esittäminen, voidaan näkymälle asettaa Plan region -alue, jolla voidaan hallita näkymän syvyyttä rajatulla alueella.

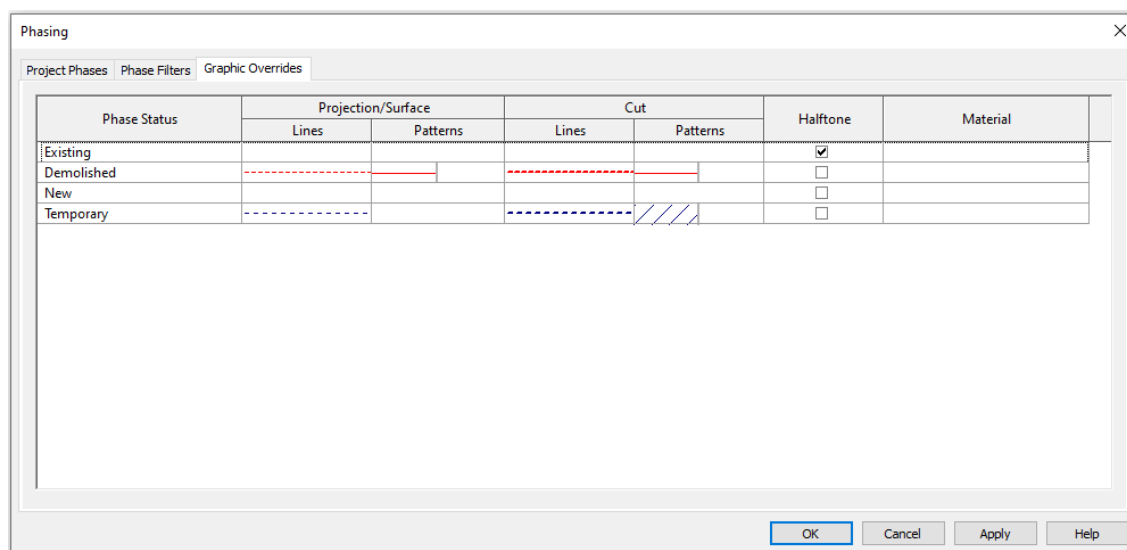
6.2 Phasing

Korjausrakentamisessa on oleellista, että pystytään erottelemaan rakenteet uusiin ja olemassa oleviin rakenteisiin. Revit hallitsee tämän jakamalla rakenteet eri phaseihin, eli vaiheisiin. Vaiheita voi olla projektissa useampia. Yleensä mallinnusteknisesti on tarvetta vain kahdelle vaiheelle, uudet rakenteille ja olemassa oleville rakenteille. Joskus voi tosin olla tarvetta esittää esim. rakenteen purku useammassa eri vaiheessa, jolloin useammalle vaiheelle on tarvetta. Vaiheiden lisäksi Revit:ssä pystyy suodattamaan näkymässä rakenteet niiden vaiheiden mukaan.



Kuva 15. Näkymän vaihe asetukset, jotka löytyvät ominaisuusikkunasta. Yläpuolella on vaihe suodatin ja alapuolella näkymässä toimiva vaihe.

Vaihe suodatin jakaa rakenteet neljään kategoriaan, uudet rakenteet, olemassa olevat rakenteet, purettavat rakenteet ja hetkelliset rakenteet. Näille neljälle kategorialle voidaan määrittää, näytetäänkö ne normaalisti, piilotetaanko ne, vai esitetäänkö rakenne sille erikseen määritetyllä tavalla. Konstru:lla on ollut käytäntönä esittää olemassa olevat rakenteet haaleammalla kuin uudet rakenteet.



Kuva 16. Rakenteiden eri vaiheiden graafinen esitystapa. Olemassa olevat rakenteet esitetään muuten normaalilla tavalla, mutta niistä tulee haaleampia, kun taas purettavat rakenteet esitetään punaisella katkoviivalla.

Esim. rakennuksen jäykistämistä mallintaessa voidaan rakennus jakaa kerroksittain eri hetkiin, jolloin hetkelliset tuennat siirtyvät rakennuksen edetessä. Vaihesuodattimia käytettäessä, jos projektissa on useampi vaihe, on hyvä muistaa, että suodatin toimii suhteessa näkymässä sillä hetkellä toimivaan vaiheeseen. Esim. ensimmäisessä vaiheessa mallinnetut rakenteet lasketaan uusiksi rakenteiksi ensimmäisessä vaiheessa, ja vanhoiksi rakenteiksi toisessa vaiheessa, vaikka projektin kannalta rakenne onkin uusi koko rakentamisen ajan.

6.3 Rakenteiden ja merkintöjen esittäminen

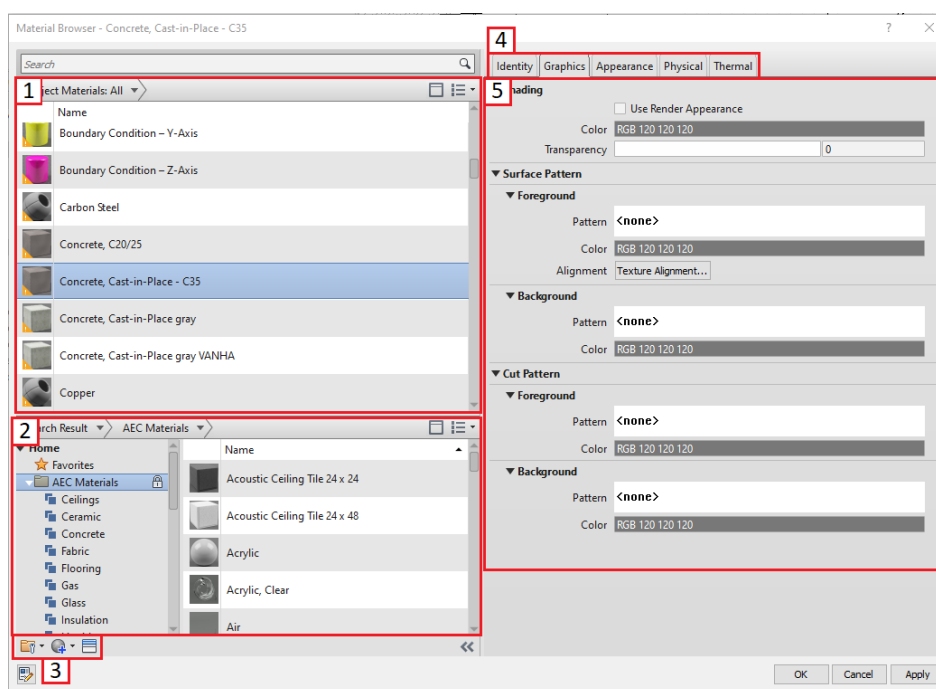
Revit:ssä rakenteiden esittämisen hallitsemiseen on monta eri asetusta joita säätämällä saadaan muuteltua eri rakennusmateriaalien, viivatyyppeiden, täyttökuvioden ja merkintöjen esittämistä. Rakenteiden esittäminen on yleensä riippuvainen näkymän detaljitasosta, joita Revit:ssä on kolme. Coarse eli karkea, jossa rakenteet esitetään mahdollisimman yksinkertaisesti, esim. teräspalkit esitetään symbolisina viivoina ja seinät niille määritellyllä täyttökuvioilla. Medium, eli keskivertolaatuisella tasolla rakenteet esitetään melko tarkasti. esim. seinille ja lattioille määritetyt rakennekerrokset esitetään erikseen, sekä palkeille lisätään tasonäkymässä profiilien tuomat ääriviivat. Fine, eli hieno, detaljitasossa näkymässä näytetään objektit mahdollisimman tarkasti, esim. liitososat näytetään vain hienolla tasolla, sekä teräspalkkeihin lisätään profiilien pyöritykset.

6.3.1 Object style

Revit:ssä pystytään määrittelemään projektikohtaisesti jokaiselle objektiperheelle oma esitystapa manage, eli hallintavälilehdellä sijaitsevalla object style, eli objektityyli-asetuksilla. Objektityyli-asetuksissa voidaan määrittää objektissa käytettävä viivapaksuus objektin normaalissa esittämisessä sekä objektin leikkaantuessa, objektissa käytettävä viivaväri sekä -kuviot ja rakenteen täyttökuviossa käytettävää materiaalia. Esimerkiksi seinäobjektille voidaan asettaa ääriviivat esitettävän ohuella viivalla ilman täyttökuviota normaalisti, ja leikkaantuessa viivat esitetään paksummin ja täyttökuviona käytetään tiilelle asetettua kuviota.

6.3.2 Materiaalit

Revit-projektissa käytössä olevat materiaalit on listattu materiaalikirjastoihin joista niitä voidaan lisätä rakenteisiin. Materiaalikirjastossa voidaan muokata materiaalin perustietoja, sen esitystapaa sekä sen fysikaalisia ominaisuuksia. Alla olevassa kuvassa on avattuna materiaalien muokkausvälilehti.

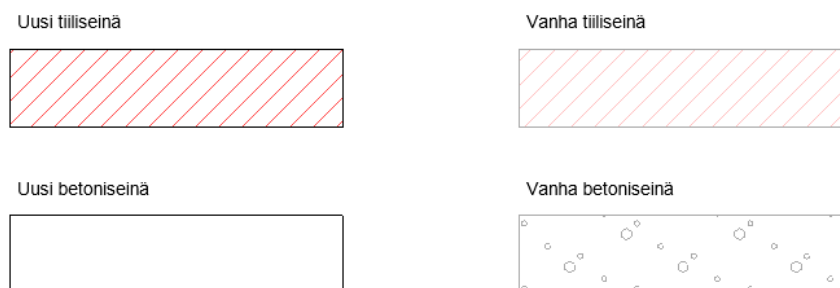


Kuva 17. Revit-projektin materiaalien muokkaaminen tapahtuu kuvassa esitetyllä välilehdellä.

1. Projektissa olevat materiaalit on listattu tälle alueelle. Näitä materiaaleja voidaan valita muokattavaksi
2. Projektiin lisätyt materiaalikirjastot on listattu alueen vasemmalle puolelle. Kirjastoissa olevat materiaalit voidaan jakaa eri kategorioihin. Alueen oikealla puolella on listattu kirjaston materiaalit. Kirjastossa olevat materiaalit pitää ensin lisätä projektiin jotta niitä voidaan muokata.
3. Kansioista voi luoda, poistaa ja lisätä materiaalikirjastoja, sekä lisätä tai poistaa kirjaston kategorioita. Harmaasta kuulasta saa luotua uusia materiaaleja sekä monistettua valittuja materiaaleja. Listan kuvasta saa avattua ominaisuushakemiston, jossa on listattu materiaaleja niiden fysikaalisten ominaisuuksien perusteella.

4. Valitun materiaalin ominaisuuksien muokkaamiseen käytettävät välilehdet on listattu tälle alueelle. Identitty-välilehdellä voidaan muokata materiaalin perustietoja, esim. materiaalivalmistaja ja materiaalin hinta. Graphics-välilehdellä voidaan muokata miten materiaali esitetään eri näkymissä. Appearance-välilehdellä voidaan antaa materiaalille tiedot sen oikeasta ulkonäöstä. Physical-välilehdellä voidaan määrittää materiaalille sen kestävyysliittyviä arvoja ja Thermal-välilehdellä voidaan antaa materiaalille sen lämpöominaisuuksien arvoja.
5. Tältä alueelta löytyy asetukset, joilla voidaan muokata materiaalin ominaisuuksia, esim. materiaalissa käytettäviä täyttökuvioita. sekä materiaalin fysikaalisia ominaisuuksia.

Revitin valmis materiaalikirjasto on varsin kattava, mutta sen materiaalien täyttökuviot eivät vastaa Konstru:ssa käytettäviä täyttökuvioita. Yksi tämän lopputyön tavoitteista oli luoda materiaalikirjasto johon on listattu Konstru:ssa yleensä käytettyjä materiaaleja, ja asettaa niille yhtiössä käytetyt täyttökuviot. Uusien ja vanhojen materiaalien erottelu tapahtuu muuten rakenteen vaihe asetuksilla, mutta betonissa on käytäntönä esittää vanhat leikkaantuvat rakenteet täyttökuvion kanssa, ja uudet ilman täyttökuvioita.



Kuva 18. Uuden ja vanhan betonirakenteen ero esitetään sävyllä ja täyttökuvioilla, toisin kuin muut materiaalit erotellaan vain sävyllä.

Eristeille ei saatu samanlaista täyttökuvioita aikaiseksi, sillä eristeissä käytettävä täyttökuvio on riippuvainen rakenteen paksuudesta. Tämä johtaa siihen, että jokaiselle eriste-paksuudelle jouduttaisiin luomaan oma täyttökuvionsa. Toiseksi ongelmaksi eristeiden täyttökuvion kanssa syntyi Revit:n tapa käsitellä täyttökuvioita mittakaavan muuttuessa. Kun mittakaavaa muutetaan, täyttökuvio suurenee sen mukana, joten jokaisen eriste-paksuuden lisäksi jokaiselle mittakaavalle tarvitsisi tehdä oma täyttökuvionsa. Revitin

automaattisen täyttökuvion sijaan eristeille tehtiin oma detaljikomponentti, jolla voi lisätä eristeelle täyttökuvion. Tästä kerrotaan lisää luvussa 5.6.

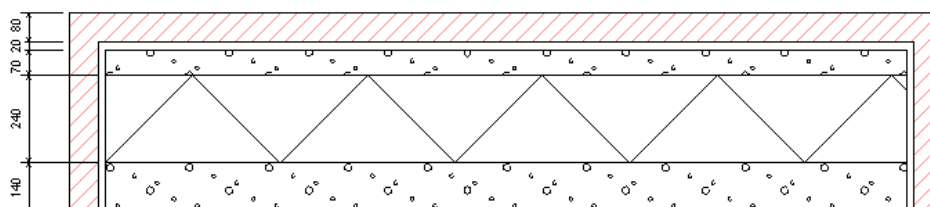
6.3.3 Seinät ja laatat

Seinä- ja laattaobjekteille voidaan asettaa rakennekerroksia, joihin voidaan määrittää kerroksessa käytettävä materiaali ja sen paksuus. esim. betonisandwich-elementti seinän ulko- ja sisäkuoren paksuus sekä niissä käytettävän betonin laatu.

Layers					
EXTERIOR SIDE					
	Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
1	Structure [1]	Tiili	80.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Structure [1]	Air	20.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Core Boundary	Layers Above Wrap	0.0		
4	Finish 1 [4]	Teräsbetoni UUSI	70.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Thermal/Air Layer [3]	Eriste (kova)	240.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Structure [1]	Teräsbetoni UUSI	140.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Core Boundary	Layers Below Wrap	0.0		
INTERIOR SIDE					
<div>Insert</div> <div>Delete</div> <div>Up</div> <div>Down</div>					

Kuva 19. Seinätyypin rakennekerrokset määrittäminen tapahtuu kuvassa olevalla välilehdellä.

Yllä olevassa kuvassa näkyy seinätyypin rakennekerrokset lueteltuna ulkopinnasta sisäpintaan ylhäältä alas. Ensimmäisessä kolumnissa voidaan määrittää rakennekerroksen toiminta, esim. onko se rakenteellinen kerros vai eristekerros. Tämä vaikuttaa siihen, miten Revit liittää eri rakennekerrokset muiden rakenteiden kanssa. Toisella kolumnilla on esitetty rakennekerroksen materiaali. Rakennekerrokset esitetään näkymissä niille määriteltujen materiaalien esitystapaa käyttäen. Kolmannella kolumnilla on kerroksen paksuus. Neljännellä kolumnilla voi määrittää kiertäkö rakennekerros päädyn ympäri. Viidennellä kolumnilla voi määrittää, minkä materiaalin fyysisiä ominaisuuksia käytetään rakennetyypin analysoinnissa.



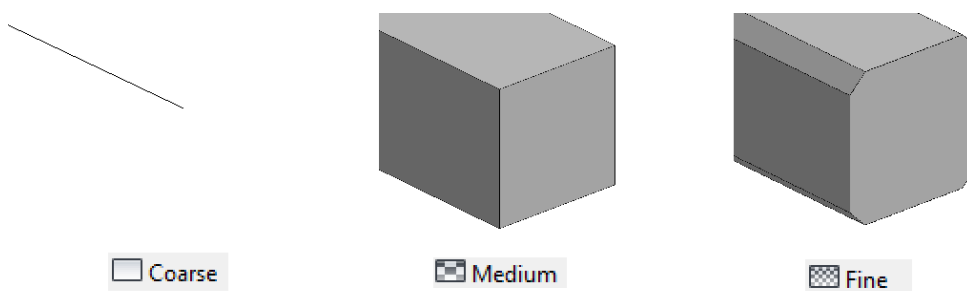
Kuva 20. Seinätyyppi, jonka rakennekerrokset on määritetty kuvassa 16.

Seinillä ja laatoilla on käytännössä vain kaksi detaljitasoa. Karkea detaljitaso esittää rakenteen sille erikseen asetetulla täyttökuvioilla, ja keskiverto ja hienolla detaljitasolla rakenteen eri kerrokset esitetään erikseen. Jos rakennetyypin rakennekerroksia ei tarvitse esittää erikseen, voidaan rakennetyypille asettaa karkea detaljitasolla käytettävää täyttökuvioita. Karkealla detaljitasolla rakenteet esitetään yhtenä koko rakennetyypin paksuisena täyttökuviona. Tämä toimii hyvin esim. tasonäkymissä, jossa tarvitsee esittää vain rakenteiden sijainti, paksuus ja pääsääntöinen materiaali.

6.3.4 Palkit ja pilarit

Toisin kuin seinille ja laatoille, pilareille ja palkeille voi lähtökohtaisesti määrittää vain yhden materiaalin. Mikäli pilari tai palkki tarvitsee useamman rakennekerroksen, esim. palonsuojausta varten, joudutaan se määrittämään ensin palkin tai pilarin perhetiedostossa. Palkkien ja pilarien materiaalin määrittäminen tapahtuu oletusarvoisesti ominaisuuskunassa.

Pilarien ja palkkien detaljitaso riippuu siitä, miten ne on asetettu perhetiedostossa. Palkeille ja pilareille voidaan asettaa eri profileja näkymään eri detaljitasolla, esim. suora-kaidebetonipalkille voidaan asettaa karkealle detaljitasolle pelkkä symbolinen viiva, keskiverto detaljitasolle oikean kokoinen poikkileikkaus ja hienolla detaljitasolla palkille voidaan asettaa poikkileikkauksen kulmiin viisteet.



Kuva 21. Betonipalkin esitystapa kolmessa eri detaljitasossa.

6.3.5 Visibility/Graphics Overrides

Visibility/Graphics Overrides, eli näkyvyys/grafiikka-ylikirjoituksilla voidaan Revit:ssä määrittää näkymille objektityylin tapaisesti, mitkä objekteja, tekstejä ja merkintöjä esitetään ja miten. Tällä toiminnolla saa rajattua pois sellaiset asiat, joita ei näkymässä tarvita

tai asettaa niille esim. haaleamman värin ja pienemmän detaljitason. Näkymässä voidaan myös oikea klikkaamalla objektia määrittää sille yksittäinen esitystapa, joka eroaa muista saman tyyppin objekteista. Tällä toiminnolla saadaan myös säädettyä linkitettyjen mallien esitystapaa. Näkyvyys/grafiikka ylikirjoitusasetuksista löytyy myös suodatin-väli-lehti, jossa voidaan luoda suodattimia, joille voidaan antaa sääntöjä joiden kautta ne pystyvät muokkaamaan useamman objektityypin esitystapaa samalla kerralla. Esim. voidaan luoda suodatin, joka toimii vain objekteihin, joiden rakenteellinen materiaali on teräs.

6.4 View Template

Revit-projektissa voidaan määrittää näkymälle asetukset valmiiksi mallinteiksi, joita voidaan asettaa useammalle näkymälle. Tämä tulee hyödyksi, kun näkymiä on useampi joissa kaikissa näytetään samoja asioita, esim. hissikuilun kerrosleikkauksissa. View template, eli näkymämallinteita käyttämällä voidaan muokata useampaa näkymää kerralla, sen sijaan että jokaista näkymää tarvitsisi erikseen käydä säätämässä. Näkymämallinteita tehdessä olisi hyvä tietää, mitä asetuksia mallinteen tulisi hallita, ja mitkä asetukset voivat vaihdella näkymien välillä mallinteen muokkauksen tarpeen vähentämiseksi. Kun näkymämalline hallitsee useaa näkymää kerralla, voivat muokkaukset vaikuttaa asioihin, joihin muokkaaja ei sen olisi halunnut vaikuttavan.

Näkymämallinteessa saa toki määrättyä, kuinka moneen asetukseen se vaikuttaa, esim. jos on tasonäkymiä, joiden näkymä syvyys vaihtelee useasti, mutta näytettävät objektit pysyvät samoina, voidaan malline asettaa niin, että se ei vaikuta näkymäsyvyyteen. Näkymämallinteet sopivat erittäin hyvin sellaisille näkymille, joiden sisältö ja esitystavat toistuvat projektista toiseen ilman suurempia muutoksia, esim. mitta- ja varauspiirustuksissa.

7 2D-objektien esittäminen

7.1 Viivat ja täyttöalueet

Revit sisältää myös tavallisesti käytettäviä viivapiirtotyökaluja, joista yleisimmät ovat viivatyökalu ja täyttöalue. Viivatyökaluja on kaksi, jotka toimivat samalla tavalla. Model Line, eli malliviiva, jolla voidaan piirtää viivoja jotka esiintyvät 3D-mallissa, sekä Detail Line, eli detaljiviiva, jolla voidaan piirtää näkymäkohtaisia viivoja, jotka eivät esiinny 3D-mallissa. Viivoille voidaan asettaa viivatyyppi, joka pitää sisällään viivan kuvioinnin (katkoviiva, pistekatkoviiva jne.), viivan paksuuden sekä värin. Viivapaksuuksia voidaan määrittää 16 eri paksuutta detaljiviivoille ja malliviivoille erikseen. Malliviivoille voidaan myös määrittää eri viivapaksuuksia eri skaaloille, esim. 1:10 näkymässä viiva on 0,5 mm paksu ja 1:50 näkymässä sama viiva on 1,5 mm paksu. Viivatypit muistuttavat kuvata-soja AutoCAD-ohjelmasta siinä määrin, että yksittäisiä viivatyppejä voidaan piilottaa näkymästä samalla tavalla luvussa 6.3.5 mainitulla näkyvyys/grafiikka-asetuksilla.

Category	Line Weight Projection	Line Color	Line Pattern
... Cut halftone	7	RGB 176-176-176	Solid
... Cut hidden	7	Black	Hidden
... Cut line	7	Black	Solid
... Dash dot	1	Black	Dash dot
... Gray	1	RGB 192-192-192	Solid
... Hidden halftone	1	RGB 185-185-185	Hidden
... Hidden Lines	1	Black	Dash
... Insulation Batting Lines	1	Black	Solid
... Kallion poraus	1	RGB 192-192-192	Dot 1mm
... Katkoviiva 1 mm	1	Black	Katkoviiva 1 mm
... Katkoviiva 2mm	1	Black	Katkoviiva 2mm
... Katkoviiva 2mm harmaa	1	RGB 192-192-192	Katkoviiva 2mm
... Katkoviiva 5 mm	1	Black	Katkoviiva 5(3)mm
... Lines	1	Black	Solid

1	0.1000 mm
2	0.1800 mm
3	0.2500 mm
4	0.3500 mm
5	0.5000 mm
6	0.7000 mm
7	1.0000 mm
8	1.4000 mm
9	2.0000 mm
10	2.8000 mm
11	4.0000 mm
12	5.0000 mm
13	6.0000 mm
14	7.0000 mm
15	8.0000 mm
16	10.0000 mm

Name:	Line Pattern
Aligning Line	-----
Aligning Line 1/8"	-----
Center	-----
Center 1/4"	-----
Centre	-----
Dash	-----
Dash 1 mm	-----
Dash 1.5 mm	-----
Dash dot	-----
Dash dot dot	-----
Demolished	-----
Dot	-----
Dot 0.5 mm	-----
Dot 1mm	-----
Dot 2mm	-----

Kuva 22. Kuvassa on vasemmalla lista eri viivatyypeistä, keskellä on lista eri viivapaksuuksista ja oikealla lista eri viivakuvioista.

Filled region, eli täyttöalue toimii hyvin lähelle samalla tavalla kuin AutoCAD Hatch pattern -toiminto. Täyttökuvioita voidaan määrittää useampi tyyppi. Tyypille määritetään mitä täyttökuvioita alueella käytetään, minkä värisiä kuviot ovat ja mitä viivapaksuutta alueen ääriviivoissa käytetään. Alueelle voidaan määrittää kaksi eri täyttökuvioita, yksi päälle ja yksi alle. Täyttöalueen määrittämisen jälkeen voidaan kyseiselle täyttökuvioille vapaasti asettaa alue, joka halutaan täyttää esim. maa-aine kuviolla. Toisin kuin viivatyypeillä, täyttöalueita ei voi piilottaa yksittäisinä tyyppeinä, paitsi erikseen tehdyillä suodattimilla.

7.2 Detail Components

Revit:ssä on myös 3D-objektien lisäksi 2D-komponentteja jotka muistuttavat AutoCAD -blockeja. Nämä komponentit ovat näkymäkohtaisia eivätkä esiinny 3D-mallissa. Tällaisia komponentteja voi olla esim. ruuvit tai muut samankaltaiset liittimet. Tämä on hyvä ottaa huomioon mallintaessa, kun mietitään kuinka tarkkaan rakenteita kannattaa mallintaa. On hyvä kumminkin muistaa, että tietomallipohjaisessa suunnittelussa dokumenttien tulee perustua malliin. Eli isompia objekteja ei kannata toteuttaa detaljikomponenteilla

7.2.1 Parametrisia komponentteja

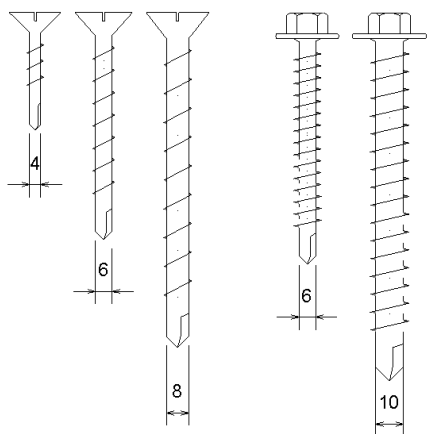
Detaljikomponenttien vahvuutena on niiden muokattavuus parametrien kautta. Komponenteille voidaan antaa useita parametreja, joiden arvo voidaan määrittää joko itse, tai kaavalla. Revit:ssä on kahdenlaisia detaljikomponentteja. On AutoCAD block tyyppiä komponentteja, ja viivaan perustuvia komponentteja, Esim. luvussa 5.4.2. lopussa mainittu eristedetaljikomponentti on viivaan perustuva komponentti. Sen piirtyminen perustuu useaan parametriin, jotka saavat arvonsa kaavoista, joiden arvot ovat lähtöisin itse määritettävästä paksuudesta, sekä komponenttia luodessa piirrettävästä viivan pituudesta.

Matemaattisten kaavojen lisäksi parametreille voidaan asettaa ehto, jonka perusteella parametri saa tietyn arvon. Arvo voidaan määrittää joko kaavassa tai se voidaan ottaa toisesta parametrista. Yleisimpänä ehtona toimii IF ehto, joka määrittää parametrille arvon A jos ehto toteutuu ja arvon B jos ehto ei toteudu. Muita ehtoja ovat AND-ehto, jolla voidaan yhdistää kaksi tai useampi väite. OR-ehto, jolla saadaan ehto toteutumaan, kunhan yksi väitteistä toteutuu. NOT-ehto, jolla saadaan ehto toteutumaan kun väite ei toteudu. Näillä ehdoilla voidaan automatisoida useat toiminnot komponenteissa, jolloin voidaan pitää määritettävien arvojen määrä hallittavissa.

Parameter	Value	Formula	Lock
Dimensions			
Parametri A	90.0	=	<input type="checkbox"/>
Parametri B	100.0	=	<input type="checkbox"/>
Parametri C	100.0	= if(Parametri A > Parametri B, 10 mm, 100 mm)	<input type="checkbox"/>
Identity Data			

Kuva 23. Esimerkki IF ehdosta. Kaava antaa parametri C:lle arvon 10 jos parametri A on suurempi kuin parametri B, tai arvon 100 jos parametri B on suurempi kuin parametri A

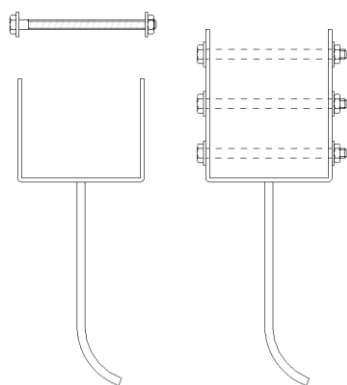
Revit-parametrit voidaan jakaa kahteen pääryhmään, tyyppiparametreihin ja instanssiparametreihin. Tyyppiparametrit ovat sidottuna objektien tai komponenttien perheentyyppeihin joita voi olla useampi. Tyyppiparametrit soveltuvat hyvin sellaisiin muuttujiin jotka vaihtelevat harvemmin, esim. IPE-palkin profiilin mitat ovat tyyppiparametreja. Instanssiparametrit sopivat sellaisille muuttujille jotka voivat vaihdella useasti tyypin sisällä, esim. samaisen IPE-palkin pituus. Parametrisia komponentteja luodessa parametrien määrä olisi kumminkin hyvä pitää mahdollisimman pienenä, ei vain hallittavuuden kannalta, vaan myös komponentin päivittymisen nopeuden kannalta.



Kuva 24. Kaksi ruuvityyppiä joidenka kanta ja kirteen kulma on tyyppiparametrissa riippuvia, ja pituus ja paksuus ovat instanssiparametrissa riippuvia

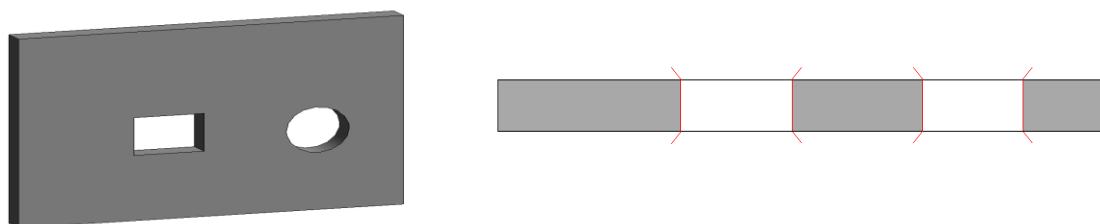
7.2.2 Sisäinen detaljikomponentti

Detaljikomponentteja voidaan myös asettaa toistensa sisään, tai muihin komponentteihin, jolloin ne kulkevat näiden mukana automattisesti. Tällä tavalla voi rakentaa detaljikomponenteista kokonaisuuksia, joita voidaan käyttää sen sijaan että yhdistelisi komponentteja aina uudestaan ja uudestaan. Näihin kokonaisuuksiin voidaan määrittää uusia parametreja, joilla niitä ja niihin lisättyjä komponentteja voidaan hallita.



Kuva 25. Kuvassa näkyy vasemmalla puolella ankkuroitava pilarikenkä sekä pultti erikseen. Vasemmassa kokonaisuudessa on nämä yhdistettynä yhdeksi komponentiksi, jossa voidaan vaihtaa pulttien määrää sekä tyyppiä.

Detaljikomponentteja voidaan myös lisätä 3D-komponentteihin tai objekteihin. Tällä tavoin näihin voidaan lisätä merkintöjä tai detaljeja, ilman että mallista tulisi turhan raskas. Esim. reikäobjekteihin lisätty detaljikomponentti, jonka mitat on sidottuna objektin mittoihin, toimii hyvin objektin merkintänä tasonäkymässä, sillä detaljikomponentti tulee suoraan näkyviin tasonäkymässä, ilman että sitä tarvitsisi erikseen käydä merkkäämassa, sekä päivittyy objektin mukana. Detaljikomponenttien sitominen 3D-komponentteihin poistaa niistä niiden näkymä kohtaisuuden. Tämä on hyvä pitää mielessä jos kyseinen 3D-komponentti on näkyvissä useammassa näkymässä, mutta merkintää ei haluta näkyvän muissa näkymissä.



Kuva 26. Kuvassa näkyy vasemmalla seinä johon on lisätty reikiä objektilla johon on sidottu niille tarkoitettu merkintä detaljikomponentti, ja oikealla on sama seinä tasonäkymässä johon merkinnät tulevat automaattisesti.

7.3 Tag-toiminto

Revit:ssä on oheistekstien lisäämiseen normaalin tekstityökalun lisäksi toinenkin tapa. Tag, eli merkintätyökalulla objekteihin voi lisätä tekstin, jonka sisältö sekä järjestys on

ennalta määritelty. Merkintätyökalu toimii parhaiten useasti toistuvien tekstien tai merkintöjen lisäämiseen, esim. raudoituksien ja poikkileikkausten mittojen lisäämiseen näkymään. Merkintätyökalulla lisättävät tekstit päivittyvät sekä liikkuvat niiden objektien mukana, joihin ne on sidottu.

Merkintätoiminnolla tehtyjen merkintöjen sisältö määritellään erikseen niitä luotaessa. Merkintä sisältää listan sille annetun objektiperheen parametreja, joista voidaan valita, mitä tietoja halutaan merkinnän esittävän. Valituille parametreille voidaan niiden tekstin lisäksi määrittää annetaanko tekstille etu- tai takaliite, lisätäänkö sen eteen tai taakse välilyöntejä ja aloitetaanko seuraavan parametrin tiedot toiselta riviltä.

Label Parameters						
	Parameter Name	Spaces	Prefix	Sample Value	Suffix	Break
1	Bar Diameter	1	T	Bar Diameter		<input type="checkbox"/>
2	Spacing	1	k	Spacing		<input checked="" type="checkbox"/>
3	Comments	1		This is a sample co		<input type="checkbox"/>

Kuva 27. Esimerkki raudoituksen tietojen merkinnästä.

Yllä olevassa kuvassa näkyy raudoituksen merkintätyökalulla lisättävän tekstin sisältö. Ensimmäisellä kolumnilla näkyy, mikä parametri on kyseessä. Toisella kolumnilla voidaan määrittellä tekstin alkuun lisättävien välilyöntien määrä. Kolmannella kolumnilla voidaan tekstille antaa etuliite. Neljännellä kolumnilla näkyy esimerkkiarvo parametrille. Viidennellä kolumnilla voidaan tekstille lisätä takaliite. Kuudennella kolumnilla voidaan aloittaa seuraava teksti toiselta riviltä.

T12 k250 Vetotanko

Kuva 28. Esimerkki kuvassa 22 määritellyn raudoitusmerkinnän antamasta tekstistä.

Merkintöjen lisääminen näkymään tapahtuu pääsääntöisesti kahdella tapaa, Tag by Category -toiminnolla yksittäisiä merkintöjä lisäämällä, tai Tag all -toiminnolla lisäämällä merkintä jokaiseen objektiin valituista kategorioista. Yksittäisiä merkintöjä lisäämällä saadaan paremmin kontrolloitua mihinkä objekteihin lisätään merkintä, sekä miten se sijoitetaan näkymään. Esim. jos sama raudoitusobjekti esiintyy useassa eri näkymässä

sekä tilaa on kuvassa valmiiksi vähäisen, voi olla järkevämpää valita, mihin raudoituksiin lisätään merkintä ja mihin ei. Jos näkymässä on useampi objekti, joille pitää lisätä merkintä, voidaan kaikille valittujen kategorioiden objekteille lisätä Tag all -toiminnolla merkintä yhdellä kerralla. Tämä soveltuu hyvin esim. palkkitunnuksien lisäämiseen ta-sonäkymässä.

7.4 Tulosteiden luonti

Tulosteiden luonti Revit:ssä alkaa tulostusnäkömön luonnilla. Tulostusnäkömön luonti ei poikkea muiden näkömön luonnista paljoa. Tulostusnäkömä toimii lähestulkoon muuten samalla tavalla kuin muutkin näkömöt, mutta tulostusnäkömälle voidaan lisätä Title Block, eli esivalmistettu nimiö. Nimiö toimii samalla tavalla kuin Detaljikomponentit siinä mielessä, että ne luodaan erikseen valmiiksi, ja niitä voidaan lisätä projektiin ja muokata jälkepäin. Nimiöihin voidaan lisätä parametreja joiden avulla voidaan nimiön tiedot päivittää automaattisesti kaikkiin tulostusnäkömiin.

Tulosteiden luonnin helpottamiseksi luotiin Konstru:n oma nimiö Title Block -muotoon, johon lisättiin tarvittavat parametrit nimiön täyttämiseen ja arkin koon hallintaan. Projektin tiedot täyttyvät automaattisesti kaikkiin nimiöihin, mutta liittyvät piirustukset, revisiot sekä kuvan tiedot joudutaan täyttämään vielä toistaiseksi itse jokaiselle arkille erikseen.

Parameter	Value
Text	
Kaupungin osa	1
Kortteli/Tila	2
RATU	123
Tontti/Rekisterinumero	3
Viranomaisen arkistomerkit	1-1234-12-A
Suunnittelija 1	Suunnittelija 1
Suunnittelija 2	Suunnittelija 2
Rakennustoimenpide	KORJAUSRAKENTAMINEN
Identity Data	
Organization Name	
Organization Description	
Building Name	
Author	
Energy Analysis	
Energy Settings	Edit...
Other	
Project Issue Date	Issue Date
Project Status	Project Status
Client Name	Owner
Project Address	OSOITE 00120
Project Name	PROJEKTIN NIMI
Project Number	123123

11	2 2	4 3	5 1-1234-12-A	3 123
KORJAUSRAKENTAMINEN 8	RAKENNEPIIRUSTUS			
PROJEKTIN NIMI 10				
OSOITE 00120 9				
HELSINKI				
Konstru	10.11.2020	ABC	123123 11	HAANKUMERO
Insinööritoimisto Konstru Oy	6 Suunnittelija 1			
Alventie 4B, 02170 ESPOO	7 Suunnittelija 2			
p.09-4355950109-4355955	ABC	ABC	RAK	S.1

Kuva 29. Konstru:n nimiö, joka täyttyy ja päivittyy projektille annetuista tiedoista.

8 Objekteja ja komponentteja muualta

Revitin mukana tulee melko kattava kirjasto erilaisia objekteja, mutta välillä ne eivät vastaa valmistajien tuotteita. Netistä löytyy valmiita kirjastoja joista voi ilmaiseksi ladata valmistajien luomia objekteja. Tämä helpottaa mallien tekemistä melko paljon, sillä oikein toimivien objektien luonti on aikaa vievää. Valmistajien objekteissa on yleensä myös tuote tiedot valmiiksi asetettuna, sekä linkki tuotteen sekä valmistajan nettisivuille.

ProdLib ja Bim object ovat kaksi yritystä, joiden päämääränä on tarjota suunnittelijoille ajantasaisia objekteja valmistajilta, ja valmistajille alusta, jolla he saavat tuotteensa suunnittelijoille helposti käyttöön. ProdLib laajennuksen saa suoraan asennettua Revittiin, jolloin ladatut tuotekirjastot saa helposti avattua Revit:ssä, ja tuotteiden lisääminen projektiin käy helposti.

ProdLib:ssä hyvänä puolena on se, että sieltä saa ladattua myös dxf- ja dwg-tiedostoja, jotka voidaan avata AutoCAD-ohjelmistolla, ja sitä kautta siirrettyä 2D-objekteina näkymälle. Tämä toimii hyvin liittimien, esim. kiila-ankkurien kanssa, joita tarvitsee lisätä detaljinäkymiin, mutta niitä ei kannata mallintaa.

RevitCity toimii yleisempänä foorumina Revittiin liittyvissä asioissa, mutta siellä on myös objektikirjasto josta voi ladata objekteja ja detaljikomponentteja. RevitCitystä löytyy muiden Revit-käyttäjien luomia objektiperheitä, joten niiden ominaisuudet voi olla puutteellisia. RevitCitystä ladatut objektit voivat toimia hyvänä pohjana objektiperheelle, josta voi aloittaa objektin luonnin yrityksen tarpeisiin.

9 Tuloksia

Tämän lopputyön tarkoituksena oli saada aikaiseksi ohje, jonka avulla voidaan malleista tuottaa tulosteita jotka vastaavat Konstru:n nykyistä käytäntöä. Koska aikaisempaa kokemusta mallinnuksesta sekä Revit-ohjelmiston käyttämisestä on vielä rajoitetusti, päätettiin ohjeesta tehdä melko yleispätevä piirustusten ja tulosteiden luomiseen. Tämän hetkisen esitystapaohjeen olisi tarkoitus toimia yleisenä ohjeena Revit-ohjelmiston eri esitystapojen vaikutuksiin tulosteessa, sekä miten niitä voidaan hallita, jotta saataisiin haluttu lopputulos.

Esitystapaohjeessa käydään yleisesti läpi miten projektin saa aloitettua, sekä miten eri näkymiä saa luotua inventointimallia hyödyksi käyttäen ja miten eri näkymiä voidaan hallita. Ohjeessa kerrotaan, miten malliin voidaan lisätä eri vaiheita sekä miten rakenteiden esitystapaa voidaan muokata riippuen siitä missä vaiheessa ne on rakennettu. Ohjeessa esitetään miten rakenteille voidaan asettaa eri materiaaleja, sekä miten materiaalin asettaminen rakenteelle vaikuttaa sen esitystapaan näkymässä, sekä miten näkymään voidaan lisätä detaljikomponentteja. Ohjeessa kerrotaan, miten näkymässä voidaan lisätä oheisteksti joko yksittäisille objekteille, tai kaikille objekteille samalla kertaa, sekä miten nimiö ja näkymiä voidaan lisätä tulostus arkille ja miten nimiö voidaan täyttää automaattisesti jokaiselle arkille.

Toisena osana oli luoda esitystapa eri rakennusmateriaaleille sekä uusien ja vanhojen rakenteiden erottelulle. Lopputyön aikana tehdyt materiaalit laitettiin omaan materiaalkirjastoon, josta niitä voidaan lisätä projektiin tarvittaessa. Materiaaleille asetettiin niissä aikaisemmin yleensä käytetty täyttökuvio helpottamaan erilaisten leikkauskuvien luomista varten. Leikkauskuvien luominen nopeutuu, kun materiaaleille ei tarvitse erikseen lisätä täyttöä, vaan täyttökuvio tulee suoraan rakennetyypille sitä määrittäessä.

Oheistuotantona lopputyölle tehtiin komponenttikirjasto, johon on kerätty tähän mennessä aikaan saadut detaljikomponentit, sekä muualta ladatut yleispätevät, esim. ruuvi-detaljikomponentit. Kirjaston ideana on toimia yhteisenä paikanna kaikille yleisesti käytetyille detaljikomponenteille, jossa niitä voidaan päivittää ja lisätä tarpeen mukaan. Komponenttikirjaston lisäksi luotiin projektin aloittamisen nopeuttamiseksi Konstru:n aloitustiedosto, jonne luodut materiaalit on lisätty valmiiksi. Aloitustiedostoon on myös asetettu projektin tiedoille omat parametrit jotka päivittyvät nimiöön.

10 Kehitysmahdollisuuksia

Esitystapaohjeessa on vielä paljon kehitettävää. Kun kokemusta tietomallintamisesta ja ohjelmistojen käytöstä kertyy enemmän, voidaan esitystapaohjetta laajentaa eri toimintojen yksityiskohtaisempiin ominaisuuksiin esim. uusien materiaalien sekä täyttökuvioiden luomiseen. Tällä hetkellä täyttökuvioiden tekemiseen käytettiin HatchKit-laajennusta, jolla voidaan yhdistää, uudelleenskaalata ja kiertää täyttökuvioita. HatchKit:n sijaan voisi tutustua AutoCAD-ohjelmassa toimivaan Hatch maker, jolla voidaan luoda helpommin monimuotoisempia täyttökuvioita.

Materiaalikirjastoa voi mahdollisesti jakaa useampaan osaan riippuen siitä, mihin mallia käytetään, esim. jos malli tehdään vain analyttistä mallia varten, voidaan sitä varten luoda kirjasto jonne on materiaalit eroteltu niiden materiaaliarvojen mukaan. Toistaiseksi materiaalikirjastossa olevat materiaalit ovat melko yleispäteviä, esim. puumateriaalia ei ole eroteltu eri puulajien mukaan, tai betonia lujuusluokkien mukaan. Materiaaleja voisi tarkentaa enemmän tarkoituksen mukaan, jos malliin halutaan lisätä tarkempia rakennustyppejä.

Dynamo on graafinen ohjelmointityökalu, jolla voidaan helpommin automatisoida Revit-toimintoja, sekä saada uusia mahdollisuuksia erilaisten tavoitteiden saamiseen, Esim. tulostusnäkyvien luonti ja tietojen täyttö Excel-taulukosta. Dynamon antamalla mahdollisuuksilla voitaisiin saada tehostettua toimintaa nopeuttamalla toistuvia toimintoja. Dynamon laajempi käyttöönotto ei ole sinänsä kovin haastava askel, sillä Dynamolla luotujen toimintoketjujen käyttö ei vaadi Dynamon suoranaista osaamista.

Merkintätoiminnon laajuutta voidaan vielä lisätä, kun rakennuksen tietosisällön rakennustapa tarkentuu, ja saadaan parempi kuva siitä, mitä tietoa kannattaa lisätä merkintätoiminnolla, ja mitä tietoa normaalilla tekstitoiminnolla. Esim. kaksoislaattapalkiston rakennetyypin ilmoittaminen merkintätoiminolla vaatii vielä hiomista. Toistaiseksi on määritetty raudoituksille, palkeille sekä pilareille merkintätoiminolla lisättävä oheisteksti.

11 Yhteenveto

Itse tulosteiden luonti Revit-ohjelmistolla onnistuu erittäin helposti. Parametrisen nimiön ja raamin ansiosta tulostusnäkyvien luonti tapahtuu lähes välittömästi, sekä kuvien päivittyminen samalla kun mallia muutetaan voivat tehdä tulosteiden luomisesta sekä muokkaamisesta varsin virtaviivaista. Tämä tosin riippuu siitä, kuinka paljon kuvissa on käytetty näkymäkohtaisia komponentteja ja tekstejä. Komponenttien päivittyminen riippuu siitä kuinka hyvin niitä on sidottu objekteihin. Tämä voi osoittautua hankalaksi korjauskohteissa, jossa rakenteissa esiintyy pieniä kulmamuuutoksia toisiinsa nähden, sillä 2D-komponenttien sitominen vaatii objektin olevan kohtisuorassa näkymään nähden.

Revit joutuu helposti vertailun kohteeksi AutoCAD:n kanssa, joten on hyvä tiedostaa niiden erot ja mahdollisuudet. Tasonäkymien luontiin Revit toimii erittäin hyvin näkymien yleisen tiedontason ansiosta, kun kaikki tieto saadaan mallista, ja voidaan käyttää merkintätoimintoa tehokkaasti, jolloin kaikki tieto ja rakenteet päivittyvät automaattisesti kuvissa. Detaljitasolla tosin voidaan ruveta miettimään kannattaako käyttää Revit-ohjelmaa, vai AutoCAD-ohjelmaa. Revit:ssä etuna toimii mallista saatavien raakaleikkausten ajan tasalla pysyminen, jolloin rakenteiden muuttuminen suhteessa detaljeihin saadaan helposti selville. Revit:n hyvänä puolena on muut ohjelmat, joita voidaan hyödyntää niille sopivimmissa tehtävissä, kuten esim. teräsluostien luonti ja suunnittelu Autodesk Robot:lla, tai objektien siirtäminen tai muokkaaminen parametrisesti Dynamolla. AutoCAD:n etuna taas on se, että se on ennalta tuttu ohjelma, johon suurimmalla osalla on jo tutut ja turvalliset työskentelytavat. AutoCAD:lla tehdyissä piirustuksissa tehdyt muutokset eivät yleensä vaikuta piirustuksissa muutettavia viivoja pidemmälle, joten muutosten vaikeudesta piirustuksiin on myös helpompi seurata. Myös tuotevalmistajien tekemät liitosdetalit ovat yleensä cad-muodossa, jolloin niiden muokkaaminen on helppoa. Tähän voi tosin tulla muutosta lähitulevaisuudessa Prodlib ja Bimobjects -alustojen toimesta.

Revit-ohjelmassa voi myös luoda detaljeja Drafting View -näkyvässä, jos halutaan käyttää ohjelman parametrisia komponentteja. Tähän olisi hyvä olla tarvittavat viivatyyppit valmiiksi aloitustiedostossa, jolloin ei tarvitse jokaiseen projektiin tehdä erikseen uusia viivatyypppejä. Yksi vaihtoehto voisi olla detaljien luonti AutoCAD:lla, ja niiden kuvien linkittäminen Revit-tiedostoon, jos halutaan pitää kaikki projektista tulostettavat dokumentit yhdessä paikassa. Tässä tosin osoittautui olevan hieman hankaluuksia, kun yritettiin linkittää esim. AutoCAD:lla luotuja rakennetyyppejä ja kuvien tekstit asettuivat päällekkäin..

Suurin haaste kuvien luonnissa on uuden ohjelman opetteleminen. Vaikka tulosteiden luonti onkin helppoa, kuvien luonti mallista vaatii kuitenkin itse mallin luomisen, johon tässä lopputyössä ei otettu kantaa. Ohjelman sisäistämistä voi tosin helpottaa sen saman näköisyys AutoCAD:n kanssa, vaikka ajatusmaailma onkin erilainen mallintamisen ja viivapiirtämisen välillä. Toisena haasteena on mallin objektien esitystapaan kuuluvien eri asetusten määrä. Voi käydä haastavaksi muistaa mikä asetusta määrää minkäkin objektin esittämistä näkymässä. Myös päätös siitä mitä mallinnetaan, ja mitä lisätään jälkeenpäin 2D-detallina, ei aina ole itsestään selvää. Netistä löytyy tosin lähes aina vastaus ongelmaan, sillä Revit-ohjelmaan löytyy varsin kattavasti ohjeita Autodesk:n sivuilta, sekä useammalta keskustelupalstalta.

Tämän lopputyön aloittaessa kokemus mallintamisesta oli vähäistä. 3D-objektien pyörittämisestä oli jokseenkin enemmän kokemusta, mutta itse tietomallintaminen oli rajoittunut yhteen kurssiin, jossa käsiteltiin Tekla structure -ohjelmaa. Revit-ohjelmaan olin ehtinyt tutustumaan yhden kesän ajan, joten se ei ollut täysin vieras ohjelma. Lopputyön aikana kokemus Revit-ohjelmasta kehittyi kumminkin erittäin paljon, ja tietämys siitä, miten eri asetukset vaikuttavat ohjelmaan, sekä mitä eri työkalut tekevät tuntuu olevan hyvin tiedossa. Myös kyky luoda uusia perhetiedostoja, ja muokata vanhoista tilanteeseen, ja yritykselle sopivia on kehittynyt opinnäytetyön aikana.

Lähteet

- 1 Jäväjä, Päivi & Lehtoviita Timo (2016) Tietomallintamien talonrakennustyömaalla. Rakennustieto, Helsinki. [viitattu 30.10.2018.]
- 2 Eastman, Chuck & Liston, Kathleen & Rafael, Sacks & Teicholz, Paul (2011) BIM Handbook, A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. Second edition. John Wiley & sons, Inc, United States of America.
- 3 ROTI verkkosivusto > Tausta > Materiaalipankki > ROTI 2017 -rapotti https://www.ril.fi/media/2017/2017-vaikuttaminen/roti-2017/taustat/roti-2017_painettu-raportti.pdf, [viitattu 30.10.2018.]
- 4 Ympäristöministeriön kotisivut, <http://www.ym.fi/fi-FI>, Korjausrakentamisen strategia 2007–2017, [viitattu 30.10.2018.]
- 5 Rakennusteollisuuden kotisivut, <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Korjausrakentaminen1/Rakennuskanta/>, [viitattu 30.10.2018.]
- 6 Suomen virallinen tilasto: Korjausrakentaminen [verkkojulkaisu.]. ISSN=1799–2958. Rakennusyritysten Korjaukset 2017, Liitekuvio 2. Asunto-osakeyhtiöiden korjauksiin johtaneet syyt, prosenttiosuus vastanneista. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 30.10.2018.].
Saantitapa: http://www.stat.fi/til/kora/2017/01/kora_2017_01_2018-10-19_kuv_002_fi.html
- 7 Suomen virallinen tilasto (SVT): Korjausrakentaminen [verkkojulkaisu.]. ISSN=1799–2958. Rakennusyritysten Korjaukset 2017, Liitekuvio 1. Kerrostalo-asuntojen ja omakotitalojen korjauksiin johtaneet syyt, prosenttiosuus vastanneista. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 30.10.2018.].
Saantitapa: http://www.stat.fi/til/kora/2017/01/kora_2017_01_2018-10-19_kuv_001_fi.html
- 8 Rakennustieto.fi Rakentajan kalenteri 2012 <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120704.pdf>, [viitattu 7.1.2019.]
- 9 VTT kotisivut, KORJAUSRAKENTAMINEN 2030 – esitutkimus. <https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2011/VTT-R-10398-10.pdf#search=korjausrakentaminen%202030>, [viitattu 7.1.2019.]
- 10 Eduskunta kotisivut > tietoa eduskunnasta > julkaistu > tarkastusvaliokunnan julkaisu > TRVJ 1/2012. https://www.eduskunta.fi/fi/tietoaeduskunnasta/julkaisut/documents/trvj_1+2012.pdf, [viitattu 7.1.2019.]

- 11 Toni Stolt opinnäytetyö, Korjausrakentamisen tietomallintaminen ja Tekla Structures –komponentit. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/99945/Opinnaytetyo_Stolt_valmis.pdf?sequence=1&isAllowed=y, [viitattu 11.1.2019.]
- 12 Ilkka Haavisto diplomityö, Tietomallintaminen korjausrakentamisen rakennesuunnittelussa. <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21576/haavisto.pdf?sequence=1>, [viitattu 15.1.2019.]
- 13 Riku Niiranen opinnäytetyön Autodeks Revit –prosessit korjausrakenne suunnittelussa. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/142808/Niiranen_Riku.pdf?sequence=1&isAllowed=y, [viitattu 26.1.2019.]
- 14 YTV 2012 osa 8. Havainnollistaminen. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_8_havainnollistaminen.pdf, [viitattu 9.2.2019.]
- 15 YTV 2012 osa 12. Tietomallin hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_12_ylapito.pdf, [viitattu 9.2.2019.]
- 16 YTV 2012 osa 1. Yleinen osuus, https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf, [viitattu 9.2.2019.]
- 17 <https://dynamobim.org/upcoming-workshop-enhanced-parametric-design-with-dynamo/>, [viitattu 26.1.2019.]
- 18 Järvenpää, T. Korjausrakentaminen. Helsinki. Metropolia ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan laitos, Rakennetekniikka. Luentomoniste, [viitattu 15.2.2019.]
- 19 Hannu Kontturi opinnäytetyö, 3D-mallinnuksen ja tietomallinnuksen hyödyntäminen rakennusalaalla <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131811/3D%20mallinnus%20ja%20tietomallinnus.pdf?sequence=1>, [viitattu 21.2.2019.]
- 20 Ulrika Uotila, Laserkeilauksen hyödyt ja haasteet korjausrakentamishankkeissa. <http://prodigious.tamk.fi/files/2018/02/Laserkeilauksen-hy%C3%B6dyt-ja-haasteet.pdf> [viitattu 15.2.2019.]
- 21 <https://www.3d-malli.fi/pistepilvi-tutuksi/>
- 22 Korpela, J. (2011). Tietomallintamisen hyödyt ja haasteet rakennushankkeen eri osapuolten näkökulmasta. Diplomityö. Espoo: Aalto-yliopisto, Rakentamistalous.

- 23 Senaatin kotisivut > Materiaalipankki > Ohjeet > tietomallit_ylläpidossahttps://senaatti.materialbank.net/NiboWEB/ViewerJS/index.html?ffn=Tietomallit_yllapidossa.pdf&type=pdf#https://senaatti.materialbank.net/NiboWEB/senaatti/getFile.do?type=pdf&flow&uuid=2163960 [viitattu 30.8.2019.]

